

hyväksymispäivä arvosana

arvostelija

Android-sovellusten testaaminen

Juho Niemistö

Helsinki 13.4.2013

Pro gradu -tutkielma

HELSINGIN YLIOPISTO

Tietojenkäsittelytieteen laitos

Tiedekunta — Fakultet — Faculty		Laitos — Institution — Department	
Matemaattis-luonnontieteellinen		Tietojenkäsittelytieteen laitos	
Tekijä — Författare — Author			
Juho Niemistö			
Työn nimi — Arbetets titel — Title			
Android-sovellusten testaaminen			
Oppiaine — Läroämne — Subject			
Tietojenkäsittelytiede			
Työn laji — Arbetets art — Level		Aika — Datum — Month and year	Sivumäärä — Sidoantal — Number of pages
Pro gradu -tutkielma		13.4.2013	57 sivua
Tiivistelmä — Referat — Abstract			
Ääkkönen			
Avainsanat — Nyckelord — Keywords			
Android			
Säilytyspaikka — Förvaringsställe — Where deposited			
Muita tietoja — Övriga uppgifter — Additional information			

Sisältö

1	Johdanto	1
2	Android	2
2.1	Historia	2
2.2	Androidin kehitystyökalut	2
2.3	Android-sovellusten rakenne	3
2.4	Aktiviteetit	5
2.5	Palvelut	8
2.6	Sisällöntarjoajat	10
2.7	Aikeet	11
2.8	Android manifest	12
2.9	Androidin tietoturvaratkaisuiista	12
3	Testaamisesta, testityökalujen arvioinnista ja mobiilisovellusten testaamisen erityispiirteistä	13
3.1	Testaamisen peruskäsitteitä	13
3.2	Testaaminen osana ohjelmistotuotantoprosessia	14
3.3	Mobiilisovellusten testaamisen erityispiirteitä	16
3.4	Mikä on hyvä testityökalu?	16
4	Androidin mukana tulevista työkaluista	17
4.1	Android SDK:n mukana tulevia testityökaluja	17
4.2	Komponenttikohtaiset testiluokat	18
4.3	MonkeyRunner	19
4.4	Uiautomator ja uiautomatorviewer	20
4.5	Monkey	20
4.6	Androidin fragmentaatio	21
4.7	Mitä keinoja android sdk tarjoaa fragmentaation hallintaan	23

5	Yksikkötestityökaluja	24
5.1	Robolectric	24
5.2	Aiempaa tutkimusta	25
5.3	Testiprojekti	26
5.4	Robolectricin asentaminen	27
5.5	Perusominaisuudet	28
5.6	Toiminta mock-kehysten kanssa	33
5.7	TDD-syklin nopeus	35
5.8	Mitä jäi kokeilematta, puuttuvia featureja?	37
5.9	Analyysi	37
6	Toiminnallinen testaus	39
6.1	Robotium	39
6.2	Troyd	39
6.3	Aiempaa tutkimusta	40
6.4	Testiprojektista	41
6.5	Asennukset	44
6.6	Robotium-testit	46
6.7	Troyd-testit	47
6.8	Uiautomator-testit	48
6.9	Testien suoritusnopeudet	51
6.10	Analyysi	51
7	Muita Android-testityökaluja	52
7.1	TEMA	52
7.2	Fuzzing	52
7.3	Käytettävyytestaus	52
7.4	Automatisoitua testausta	52
8	Yhteenveto	53

1 Johdanto

Tällä hetkellä copypaste suoraan aihe-esittelystä.. Refaktoroin sitten kun muu sisältö alkaa olla paremmin hahmotettuna

Googlen kehittämä Android on noussut viime vuosina markkinaosuudeltaan suurimmaksi mobiililaitteiden käyttöjärjestelmäksi. Kuka tahansa voi kehittää Androidille sovelluksia, joiden kehittämiseen tarvittavat välineet ovat ilmaiseksi saatavilla. Eri-
laisia sovelluksia onkin kehitetty jo noin 500 000.

Mobiilisovellusten kehittämiseen liittyy monia haasteita. Niitä ovat muunmuassa rajalliset laitteistoresurssit, käytettävyyden pienellä näytöllä sekä yksityisyyteen ja tietoturvaan liittyvät kysymykset. Androidilla on lisäksi esimerkiksi Applen iOS-alustaan verrattuna omia haasteinaan Android-laitteiden valtava kirjo. Android-laitteita valmistavat kymmenet eri valmistajat ja ne vaihtelevat kameroista tablettien kautta digibokseihin. Laitteissa on hyvin eritehoisia prosessoreita ja lisälaitteita, kuten gps-tai kiihtyvyysantureita, on vaihtelevasti.

Sovellusten laatu on erityisen tärkeää Android-alustalla, jossa kilpailua on runsaasti ja sovellusten hinta niin alhainen, ettei se muodosta esteitä sovelluksen vaihtamista toiseen. Sovelluskauppa on myös aina saatavilla suoraan laitteesta.

Gradun tavoitteena on syventyä Android-sovellusten testaamiseen ja testaustyökaluihin. Tutustun kirjallisuudessa esiteltyihin sekä Androidin kehitystyökalujen mukana tuleviin testaustyökaluihin. Kirjallisuuskatsauksen lisäksi vertailen työkaluja testaamalla niiden avulla esimerkisovellusta ja analysoin testien perusteella niiden puutteita ja vahvuuksia.

Käsittelyssä nimenomaan automaattisen testauksen työkalut.

Käsittelen gradussa vain Androidille javalla kehitettyjä natiivi-sovelluksia. Androidille voi kehittää sovelluksia myös muunmuassa html5:llä ja erilaisilla työkaluilla, jotka generoivat automaattisesti natiivikoodia useille mobiilialustoille. Osa testaus-
työkaluista mahdollistaa toki myös tällaisten sovellusten testaamisen. Keskityn vain automaattisiin testaustyökaluihin, joten esimerkiksi manuaaliseen käytettävyydestestaukseen liittyvät prosessit ja työkalut on rajattu tämän työn ulkopuolelle.

Ensimäisessä luvussa esittelen Androidin komponentit.

Aihe-esittelystä listatut alustavat lähteet: [HSJ11] [KM10] [MMP⁺12] [Was10] [HP11]

2 Android

Tässä luvussa esitellään Androidin historiaa, kehitystyökaluja sekä Android-sovellusten perusrakenne.

2.1 Historia

Androidin kehityksen aloitti Android Inc. -niminen yritys vuonna 2003. Google osti sen vuonna 2005. Kaksi vuotta myöhemmin, marraskuussa 2007 Androidin ensimmäinen versio julkaistiin ja samalla kerrottiin, että sen kehityksestä vastaa Open Handset Alliance, johon kuului Googlen lisäksi puhelinvalmistajia, kuten HTC ja Samsung, operaattoreita, kuten Sprint Nextel ja T-Mobile sekä komponenttivalmistajia, kuten Qualcomm ja Texas Instruments.

Ensimmäinen Androidille julkaistu kaupallinen laite oli HTC Dream -älypuhelin, joka julkaistiin lokakuussa 2008. Loppuvuodesta 2010 Android nousi älypuhelisten markkinajohtajaksi. Syksyllä 2012 Androidilla oli jo tutkimuksesta riippuen 50-70 prosentin markkinaosuus ja laitevalikoima on kasvanut älypuhelimista muunmuassa tablet-tietokoneisiin, digibokseihin ja kameroihin.[wik]

Tähän vähän kattavammin jotain..

2.2 Androidin kehitystyökalut

Android-sovelluksia tehdään Java-ohjelmointikielellä. Google julkaisee Androidille ilmaista ohjelmistokehitystyökalua (Android SDK), joka kääntää sovelluksen ja pakkaa sen kuvien ja muiden resurssien kanssa apk-tiedostoksi (Android Application Package). Apk-tiedosto sisältää kaiken yhden sovelluksen asentamiseen tarvittavat tiedot. Android-sovellusten kehittämiseen tarvitsee käytännössä Javan kehitystyökaluista (SDK) version 5 tai 6, Androidin SDK:n, Eclipsen sekä Android-laajennoksen (Android Development Tools, ADT) Eclipselle.

Androidin SDK:n mukana tulee minimoitu versio Androidin järjestelmäkirjastoista, joiden avulla Eclipse osaa opastaa Androidin rajapintojen käytössä. Rajapinnan takana ei ole kuitenkaan oikeaa toteutusta, joten esimerkiksi yksikkötestit, jotka menevät kirjastoluokkiin asti, eivät toimi Eclipsestä Javalla ajettaessa.

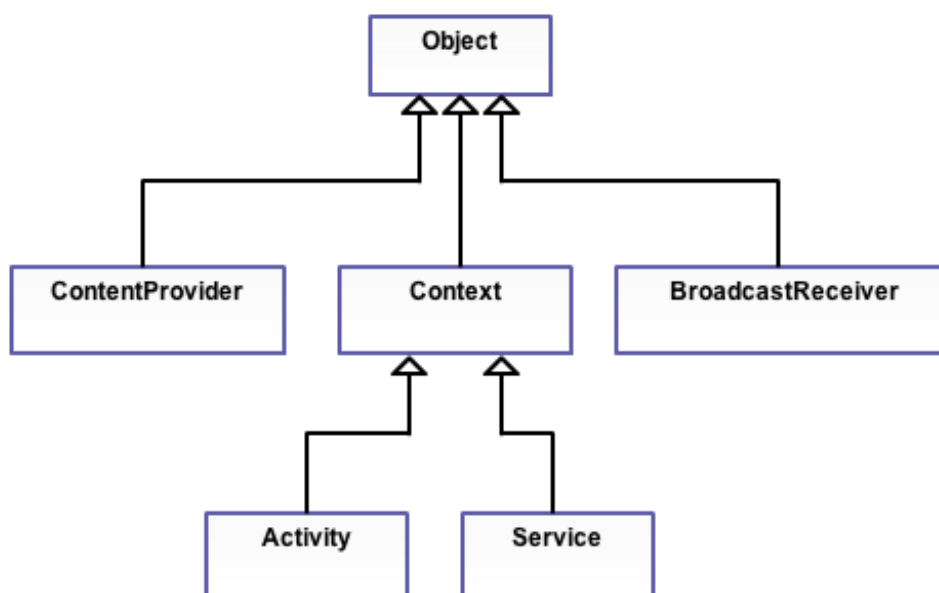
Sovelluksen ja testien ajamista varten SDK:n mukana tulee Android-emulaattori. Emulaattoreita voi ajaa eri Android API:n versioilla ja laitteistoprofiileilla, jotta on

mahdollista testata sovelluksen toimivuutta erilaisissa Android-ympäristöissä. Emulaattori kykenee myös jossain määrin simuloimaan lisälaitteiden, kuten kiihtyvyysanturin, toimintaa. Suurin puute emulaattorissa on sen heikko suoritusnopeus. Sovelluksia ja testejä voi ajaa myös suoraan tietokoneeseen liitetystä Android-laitteesta.

Androidin Eclipse-laajennos toimii siltana Android SDK:n ja Eclipse'n välillä mahdollistaen SDK:n tarjoamien ominaisuuksien hyödyntämisen suoraan Eclipsestä käsin. ADT:n avulla on myös mahdollista seurata tietokoneeseen kytkettyjen Android-laitteiden tapahtumalogeja ja debug-tietoja [ZG11, 25-50].

2.3 Android-sovellusten rakenne

Android on rakennettu Linuxin ytimen version 2.6 päälle ja koko Androidin järjestelmäkoodi on avointa, mikä tarkoittaa, että mikä tahansa valmistaja voi tehdä Androidin pohjalta oman mobiilikäyttöjärjestelmänsä. Jokainen sovellus on käyttäjänä järjestelmässä. Sovellusten oikeudet on rajattu siten, että ne pääsevät käsiksi vain kyseiseen sovellukseen liittyviin resursseihin. Sovelluksen ollessa käynnissä, se pyörii omana prosessina Linux-prosessien tavoin, jota Android-käyttöjärjestelmä hallitsee. Androidin turvallisuusratkaisu noudattaa vähimmän mahdollisen tiedon periaatetta; sovelluksella on vain ne oikeudet, joita se vähintään tarvitsee toimintaansa. Kaikkia ylimääräisiä oikeuksia varten täytyy erikseen pyytää lupa.



Kuva 1: Androidin tärkeimpien komponenttien luokkahierarkia

Android-sovellukset koostuvat neljästä komponenttityypistä: aktiviteeteista (activities), palveluista (services), sisällöntarjoajista (content providers) sekä lähetysten vastaanottajista (broadcast receivers). Komponenttien välinen kommunikointi on pääosin tapahtumapohjaista; eri komponentit eivät keskustele suoraan keskenään, vaan kaikki siirtymät komponenttien välillä tapahtuvat käyttöjärjestelmän välittämien tapahtumaviestien perusteella. Tämän vaikutuksesta Android-sovellukset voivat helposti käyttää toiminnassaan järjestelmän ja toisten sovellusten tarjoamia komponentteja.

Kuvassa 1 on esitelty Androidin peruskomponenttien muodostama luokkahierarkia. Vain aktiviteeteilla ja palveluilla on yhteinen ylikuokka Context, lähetysten vastaanottajat ja sisällöntarjoajat perivät vain Javan geneerisen Object-luokan. Kuvaa on yksinkertaistettu siten, että Contextin ja Activityn ja Servicen välillä olevia Wrapper-luokkia on jätetty kuvaamatta perintahierarkiassa. Context-luokka tarjoaa aktiviteettien ja palveluiden käyttöön sovelluksen globaaliin tilaan liittyviä tietoja.

Aktiviteetti kuvaa yhtä sovelluksen käyttöliittymän kerrallaan muodostavaa näkymää. Sovelluksen käyttöliittymä koostuu useista aktiviteeteista, jotka muodostavat yhtenäisen sovelluksen, mutta jokainen aktiviteetti on toisistaan riippumaton. Eri sovellukset voivat myös käynnistää toistensa aktiviteetteja, mikäli vastaanottava sovellus sen sallii. Esimerkiksi kamera-sovellus voi käynnistää sähköposti-sovelluksen sähköpostinkirjoitus-aktiviteetin, jos ottamansa kuvan haluaa jakaa sähköpostilla. Aktiviteetit ovat Androidissa Activity-luokan aliluokkia.

Palvelut ovat taustaprosesseja, jotka suorittavat pitkäkestoisia operaatioita, kuten tiedon lataamista verkosta tai musiikin soittamista taustalla samalla, kun käyttäjä käyttää toista sovellusta. Palvelut eivät tarjoa käyttöliittymää ja toiset komponentit, kuten aktiviteetit, voivat käynnistää niitä. Palvelut ovat Service-luokan aliluokkia.

Sisällöntarjoajat vastaavat sovelluksen tarvitseman tiedon lukemisesta ja kirjoittamisesta pitkäkestoiseen muistiin. Tallennuspaikkana voi olla laitteen tiedostojärjestelmä, SQLite-tietokanta, verkko tai ylipäänsä mikä tahansa kohde, johon sovelluksella on luku- tai kirjoitusoikeudet. Sovellukset voivat käyttää toistensa sisällöntarjoajia, mikäli sovellus julkaisee ne muiden sovellusten käyttöön. Sisällöntarjoajat ovat ContentProvider-luokan aliluokkia.

Lähetysten vastaanottajat reagoivat järjestelmänlaajuisiin viesteihin ja tapahtumiin. Tällaisia ovat esimerkiksi ilmoitus, että akku on lopussa tai että käyttäjä on sulkenut tai avannut näytön. Ne voivat myös lähettää järjestelmänlaajuisia tapahtumaviestejä muille sovelluksille. Lähetysten vastaanottajat ovat BroadcastReceiver-luokan

aliluokkia, ja tapahtumat ovat Intent-luokan aliluokkia.

Android-sovellukset käyttävät usein hyväkseen toisten sovellusten komponentteja. Sovellukset eivät pysty suoraan kutsumaan toisiaan, vaan halutessaan hyödyntää toisten sovellusten ominaisuuksia sovellus luo uuden aikeen, jonka järjestelmä välittää tiettyjen sääntöjen perusteella sopivalle vastaanottajalle (katso luku 2.7).

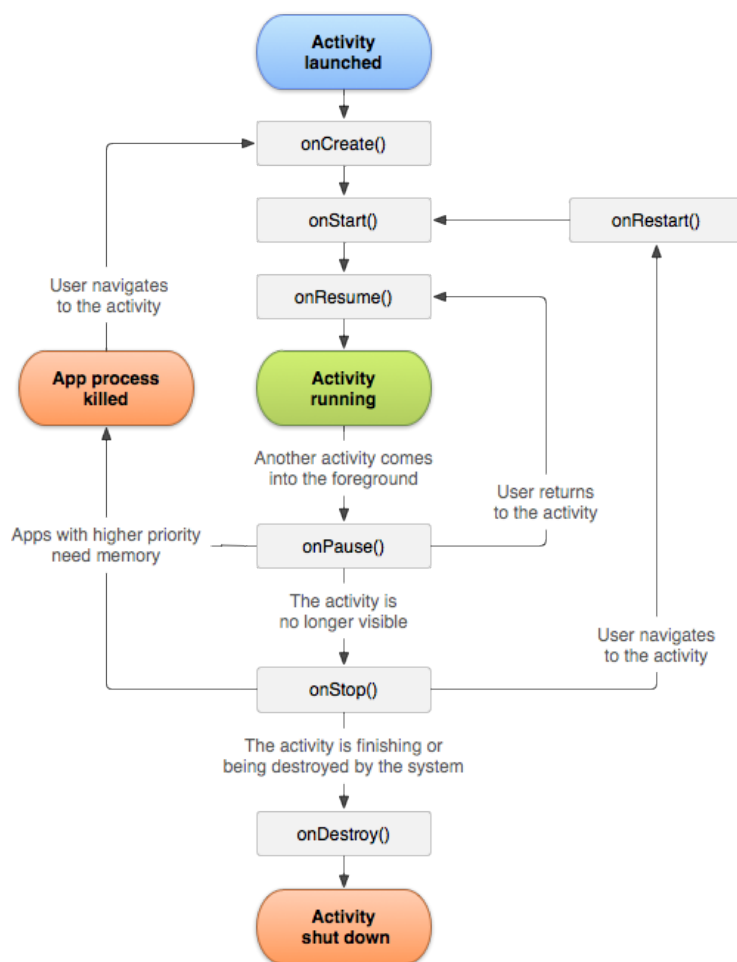
Android-sovelluksilla ei ole yksittäistä main-metodia, joka käynnistäisi ohjelman, kuten usein muissa sovelluksissa on tapana. Sovellus voi sen sijaan käynnistyä vastaanottamansa aikeen johdosta monen eri komponentin kautta. Lisäksi sovellus saatetaan joutua käynnistämään ja sulkemaan useita kertoja esimerkiksi käyttäjän vaihtaessa puhelimen orientaatiota tai vastaanotettaessa puhelua, joten sovelluksen pitää pystyä tehokkaasti palautumaan keskeytyneeseen tilaansa. Sovelluksella on siis lukuisia mahdollisia käynnistymis- ja sulkeutumispolkuja. Tämän takia ohjelmakomponenttien elinkaaren hallinta on tärkeä osa sovelluksen rakentamista.

Android-sovelluksilla on xml-muotoinen Manifest-tiedosto, jossa määritellään sovelluksen komponentit, niiden näkyvyys ja minkälaisia tapahtumia ne osaavat hallita. Manifestissa määritellään myös mitä rajoitteita sovellus asettaa käytettävissä olevalle Android-versiolle, puhelimen ominaisuuksille, kuten lisälaitteiden saatavuudelle ja näyttöresoluutiolle, ja mitä oikeuksia sovellus vaatii toimiakseen. Näin voidaan varmistaa, että sovellusta ei asenneta laitteelle, jossa ei ole sovelluksen välttämättä tarvitsemia ominaisuuksia [andb].

2.4 Aktiviteetit

Aktiviteetti kuvaa yhtä sovelluksen käyttöliittymän näkymää. Lähes aina aktiviteetti on koko näytön kokoinen - eli kaikki, mitä puhelimen ruudulla näkyy yläreunan status-palkkia lukuunottamatta on samaa aktiviteettia - mutta ne voivat olla myös pienempiä tai leijua osittain toisen aktiviteetin päällä. Kuitenkin vain yksi aktiviteetti voi olla aktiivinen, eli reagoida käyttäjän syötteisiin, kerrallaan. Yksi sovelluksen aktiviteeteista on yleensä pääaktiviteetti, joka käynnistyy silloin, kun käyttäjä avaa sovelluksen.

Aktiviteettien elinkaaren hallinta on Android-sovelluksen kriittisimpiä osia, koska järjestelmän resurssit ovat yleensä hyvin rajalliset ja Android-laitteiden käyttöön liittyy usein tiheä vaihtelu eri sovellusten välillä. Tällöin on tärkeää, että sovellus luovuttaa varaamansa resurssit muiden sovellusten käyttöön, kun sovellus vaihtuu, ja vastaavasti osaa palautua takaisin pysäytettäessä olleeseen tilaan käyttäjän pa-



Kuva 2: Aktiviteetin elinkaari

latessa sovellukseen. Nämä vaihdokset pitäisi lisäksi tapahtua mahdollisimman tehokkaasti, jotta järjestelmän toiminta olisi käyttäjän näkökulmasta mahdollisimman sulavaa sovellusten tilojen vaihtamisen yhteydessä.

Aktiviteetilla voi olla pitkäkestoisemmin kolme eri tilaa. Aktiviteetti on aktiivisessa tilassa (resumed) silloin, kun se on näytön etualalla ja käyttäjä käyttää juuri sitä aktiviteettia. Keskeytetyssä (paused) tilassa aktiviteetti on, kun se on osittain näkyvissä, mutta jokin toinen aktiviteetti on aktiivisena sen päällä. Keskeytetyt aktiviteetit ja niiden tilat pysyvät muistissa, joskin jos laitteen muisti on lopussa, järjestelmä saattaa tuhota sen. Aktiviteetti on pysäytetty (stopped) silloin, kun jokin toinen aktiviteetti peittää sen kokonaan näkyvistä. Tällainenkin aktiviteetti säilyy muistissa, jos laitteen resurssit ovat riittävät, mutta järjestelmä voi tuhota sen koska vain, jos resursseja tarvitaan muiden aktiviteettien käyttöön.

Aktiviteetin siirtyminen eri tilojen välillä tapahtuu järjestelmän kutsuessa aktivi-

teetin takaisinkutsu-metodeita. Mahdolliset tilasiirtymäpolut näkyvät kuvassa 2.

Aktiviteetin koko elinkaari tapahtuu `onCreate()`- ja `onDestroy()`-kutsujen välillä. Aktiviteetin tulisi tehdä kaikki kerran suoritettavat tilanalustustehtävät kutsuttaessa `onCreate()`-metodia, kuten ulkoasun määrittely tai koko aktiviteetin elinkaaren ajan tarvittavan tiedonsiirtosäikeen avaus. Vastaavasti `onDestroy()`-kutsussa aktiviteetin tulisi vapauttaa kaikki loputkin aktiviteetin varaamat resurssit.

Aktiviteetin käyttäjälle näkyvä elinkaari on `onStart()`- ja `onStop()`-kutsujen välillä. `onStart()`-metodia kutsutaan, kun aktiviteetti tulee näkyväksi käyttäjälle, ja `onStop()`-metodia kutsutaan, kun jokin toinen aktiviteetti on peittänyt kyseisen aktiviteetin kokonaan. Näkyvän elinkaaren aikana tulisi ylläpitää niitä resursseja, joita tarvitaan käyttäjän kanssa kommunikointiin sekä sellaisia, jotka saattavat muuten vaikuttaa käyttäjälle näkyvään käyttöliittymään. Esimerkiksi lähetystenvastaanottajaa on hyvä kuunnella tällä välillä mahdollisten järjestelmänlaajuuksien käyttöliittymään vaikuttavien tapahtumien varalta. `onStart()` ja `onStop()` -kutsuja voi tulla lukuisia aktiviteetin koko elinkaaren aikana. `onRestart()`-metodia kutsutaan, jos aktiviteetti on jo luotu aiemmin ja pysäytetty sitten `onStop()`-kutsulla. `onRestart()`-kutsua seuraa aina `onStart()`-kutsu.

Aktiviteetti on aktiivisena näytön etualalla `onResume()` ja `onPause()` -kutsujen välillä. Kun aktiviteetti on etualalla, käyttäjä käyttää juuri sitä ja se on kaikkien muiden aktiviteettien päällä. `onResume()` ja `onPause()` -kutsuja voi tulla tiheästi, esimerkiksi aina kun laitteen näyttö menee lepotilaan tai tulee jokin ilmoitus aktiviteetin päälle, joten niiden toteutus ei saa olla liian raskas.

Androidin järjestelmä voi tuhota sovelluksen prosessin `onPause()`, `onStop()` tai `onDestroy()` jälkeen. Tämän takia pysyväksi tarkoitettu tieto on tallennettava `onPause()`-kutsun jälkeen. Tallennus voidaan tehdä esimerkiksi toteuttamalla takaisinkutsu-metodi `onSaveInstanceState()`, jota kutsutaan aina, ennen kuin järjestelmä mahdollistaa aktiviteetin tuhoamisen. `onSaveInstanceState()` saa parametrinaan `Bundle`-olion, johon voi tallentaa tietoja nimi-arvo-pareina. Sama `Bundle`-olio tulee aktiviteetille `onCreate()` ja `onRestoreInstanceState()` -metodeille. Tiedon palautuksen voi tehdä kummassa tahansa näistä metodeista. `Activity`-luokka tarjoaa myös oletustoteutuksen `onSaveInstanceState()` ja `onRestoreInstanceState()`-metodeista, jotka osaavat monissa tapauksissa suorittaa tiedon tallennuksen ja palautuksen. Aktiviteetin tilanpalautusta tarvitaan usein, esimerkiksi aina kun käyttäjä vaihtaa sovelluksen suuntaa pysty- ja vaakasuuntien välillä.

Aktiviteettien vaihtumisen yhteydessä takaisinkutsujen järjestys on aina sama. Kun

aktiviteetti A käynnistää aktiviteetti B:n, ensin kutsutaan aktiviteetti A:n `onPause()`-metodia, sitten aktiviteetti B:n `onCreate()`, `onStart()` ja `onResume()`-metodeita peräkkäin. Viimeiseksi kutsutaan aktiviteetti A:n `onStop()`-metodia, mikäli aktiviteetti B peittää sen kokonaan. Näin esimerkiksi aktiviteetti A:n `onPause()`-metodissa tietokantaan tallennetut tiedot ovat käytössä aktiviteetti B:tä käynnistettäessä. Jos muutoksia taas tekee `onStop()`-metodissa, ne tapahtuvat vasta aktiviteetti B:n käynnistyttyä.

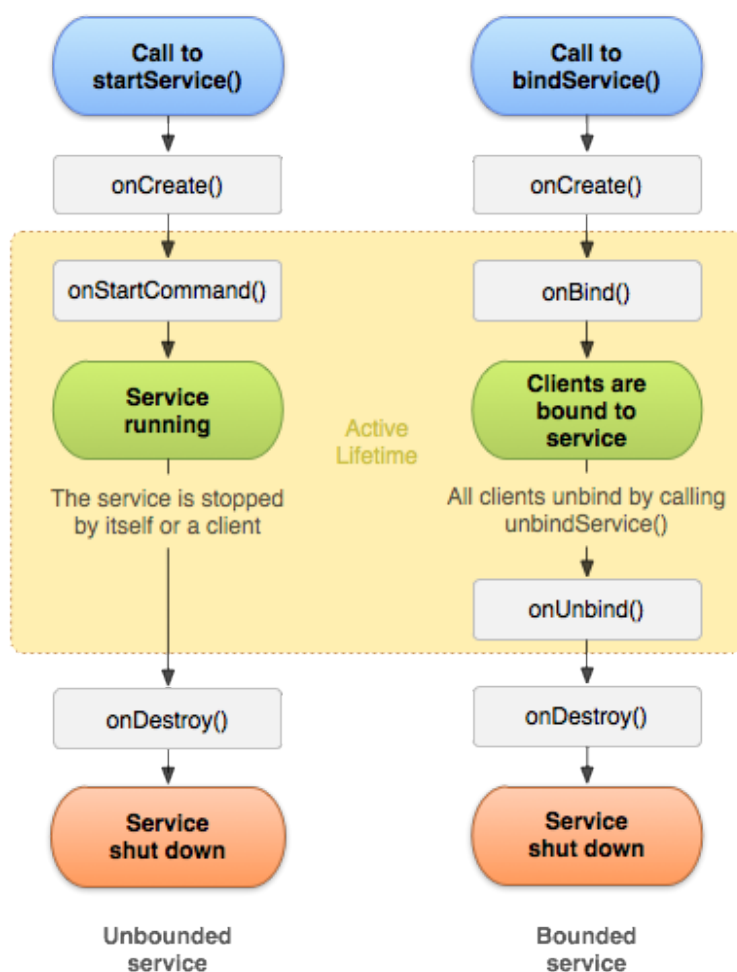
Palat

Androidin versiosta 3 (API-versio 11) asti on ollut mahdollista määritellä aktiviteetteihin paloja (Fragment-luokan aliluokkia). Palat ovat uudelleenkäytettäviä komponentteja, joita voi käyttää osana aktiviteetteja. Niiden avulla on helpompi luoda käyttöliittymiä, jotka skaalautuvat eri kokoisille näytöille. Isommalla näytöllä aktiviteetti voi pitää sisällään useita paloja, jotka pienemmällä näytöllä ovatkin omisissa aktiviteeteissaan. Palojen elinkaari on riippuvainen siitä aktiviteetista, johon ne on sisällytetty. Kun aktiviteetti pysähtyy, niin pysähtyy myös aktiviteetin sisältämät palat. Samoin aktiviteetin tuhoutuessa tuhoutuvat myös palat. Aktiviteettien sisällä paloilla voi kuitenkin olla oma elinkaarensa, niitä voi käynnistää ja tuhota vapaasti aktiviteetin ollessa käynnissä.

Palojen elinkaarta hallitaan takaisinkutsumetodeilla, kuten aktiviteettejakin. Monet metoditkin ovat samoja, kuten `onCreate()`, `onStart()`, `onPause()` ja `onStop()`. Lisäksi paloilla on muutamia takaisinkutsumetodeita, joita aktiviteeteilla ei ole. `onCreateView()`-metodia kutsutaan, kun palan käyttöliittymä tulee ensimmäistä kertaa näkyviin käyttäjälle. `onAttach()`-metodia kutsutaan, kun pala on liitetty johonkin aktiviteettiin. Tällöin pala saa itselleen viitteen aktiviteettiin kommunikointia varten. `onActivityCreated()`-metodia kutsutaan, kun palan liittäneen aktiviteetin `onCreated()`-metodi on ajettu. `onDestroyView()`-metodia kutsutaan, kun palan käyttöliittymä tuhoetaan, ja `onDetach()`-metodia kutsutaan kun palaan liitetty aktiviteetti irroitetaan palasta [andb].

2.5 Palvelut

Palvelut ovat pitkäkestoisia taustaoperaatioita. Muut sovelluskomponentit voivat käynnistää niitä, ja ne jatkuvat vaikka käyttäjä lopettaisi kyseisen sovelluksen käytämisen. Palvelu voi esimerkiksi soittaa musiikkia, suorittaa verkkotransaktioita,



Kuva 3: Palvelun elinkaari

kommunikoida sisällöntarjoajien kanssa tai tehdä levykirjoitusta.

Palvelut voivat olla kahdenlaisia. Käynnistettävät (*started*) palvelut suorittavat tehtävänsä kun niiden `startService()`-metodia kutsutaan. Tällainen palvelu voi jatkaa pyörimistä taustalla, vaikka sovellus suljettaisiin. Tyypillisesti käynnistettävä palvelu tekee jonkin yhden operaation, kuten tiedoston latauksen tai lähettämisen, ja lopettaa sitten itsensä. Käynnistettävät palvelut eivät yleensä palauta palautusarvoa kutsujalle mitään. Käynnistettävien palveluiden tulee sulkea itsensä operaation valmistuttua kutsumalla `stopSelf()`-metodia. Myös muut komponentit voivat sulkea palvelun kutsumalla `stopService()`-metodia.

Sidotut (*bound*) palvelut ovat sellaisia, että sovelluskomponentit sitovat palvelun niihin kutsumalla `bindService()`-metodia. Sidotut palvelut tarjoavat asiakas-palvelin-rajapinnan sitovalle komponentille. Palvelu voi vastaanottaa pyyntöjä ja palaut-

taa vastauksia niihin. Palvelun elinkaari on sama kuin sen sitoneen komponentin. Useampi komponentti voi sitoa saman palvelun yhtä aikaa. Tällöin palvelu sulkeutuu kun viimeinenkin niistä lopettaa toimintansa. Sitominen vapautetaan kutsumalla `unbindService()`-metodia.

Useimmiten käynnistettävät ja sidotut palvelut ovat erillisiä, mutta joissain tilanteissa sama palvelu voi toimia sekä käynnistettävänä että sidottuna palveluna. Käynnistettäviä palveluita käytetään tyypillisesti pitkäkestoisiin taustaoperaatioihin, jotka suoritetaan taustalla ilman että käyttäjä puuttuu niiden toimintaan. Sidotut palvelut taas voivat tarjota sovellukselle minkä tahansa palvelurajapinnan, jonka kanssa sovellus voi kommunikoida palvelun elinkaaren ajan.

Palveluiden elinkaari on esitetty kuvassa 3. Aktiviteettien tavoin koko palvelun elinkaari tapahtuu `onCreate()` ja `onDestroy()`-kutsujen välissä ja palvelun alustus tapahtuu `onCreate()`-metodissa. Sidotun palvelun aktiivinen elinkaari on `onBind()` ja `onUnbind()`-kutsujen välillä. Käynnistettävän palvelun elinkaari puolestaan alkaa `onStartCommand()`-kutsusta kunnes se sulkee itsensä `stopSelf()`-kutsulla. `onBind()` ja `onStartCommand()` -metodit saavat parametrinaan aikeen, jonka niitä kutsunut komponentti antoi `bindService()` tai `startService()` -metodille [andb].

2.6 Sisällöntarjoajat

Sisällöntarjoajat tarjoavat pääsyn pysyvästi tallennettuun tietoon. Ne kapsuloivat tiedon ja tarjoavat mekanismit tiedon yksityisyyden hallintaan. Sisällöntarjoajat toimivat rajapintana tiedon ja sovelluskoodin välillä. Kun sisällöntarjoajan tietoon halutaan päästä käsiksi, käytetään `ContentResolver`-oliota `Context`-luokassa, joka sitten kommunikoi itse sisällöntarjoajan kanssa.

Sisällöntarjoajat eivät ole välttämättömiä sovelluksessa, jos tietoon ei haluta päästä käsiksi muista kuin samasta sovelluksesta. Sovellustenväliseen kommunikointiin sisällöntarjoajat tarjoavat vakiorajapinnan, joka pitää huolen prosessienvälisestä kommunikoinnista ja tietoturvallisuudesta.

Androidin mukana tulee valmiiksi toteutetut sisällöntarjoajat esimerkiksi musiikille, videotiedostoille ja käyttäjän yhteystiedoille. Muutamia rajoitteita lukuunottamatta nämä sisällöntarjoajat ovat kaikkien sovellusten käytettävissä [andb].

2.7 Aikeet

Suurin osa Android-sovellusten kommunikaatiosta on tapahtumapohjaista. Niin aktiviteetit, palvelut kuin sisällöntarjoajatkin käynnistetään lähettämällä niille aie (*intent*). Tapahtumia käytetään Androidissa, koska niiden avulla komponentit voidaan sitoa toisiinsa ajonaikaisesti ja vasta silloin, kun niitä varsinaisesti tarvitaan. Itse aie-oliot ovat passiivisia tietorakenteita, joissa on abstrakti kuvaus operaatiosta, joka halutaan suoritettavan, tai lähetysten (*broadcast*) tapauksessa kuvaus siitä, mitä on tapahtunut.

Aikeiden kohde voidaan nimetä eksplisiittisesti `ComponentName`-kentässä. Tällöin annetaan kohdekomponentin täydellinen nimi paketteineen, jolloin kohde voidaan tunnistaa yksikäsitteisesti. Tämän muodon käyttäminen vaatii, että kutsuva komponentti tietää kohdekomponentin nimen. Sovelluksensisäisessä kommunikoinnissa tämä onnistuu, mutta sovellustenvälisessä kommunikoinnissa useinkaan ei. Tällöin kohde päätellään implisiittisesti muista aikeelle annetuista kentistä.

Action-kentässä annetaan tapahtuma, joka aikeella halutaan käynnistää, esimerkiksi puhelun aloitus, tai lähetysten vastaanottajien tapauksessa järjestelmässä tapahtunut tapahtuma, kuten varoitus akun loppumisesta. Intent-luokassa määritellään lukuisia vakioita erilaisia tapahtumia varten, mutta niiden lisäksi sovellukset voivat määritellä myös omia tapahtumia.

Data-kentässä annetaan tapahtumaan liittyvän tiedon osoite (URI) ja tyyppi (MIME). Näin vastaanottava komponentti tietää minkätyyppistä tietoa aikeeseen liittyä, ja mistä se löytyy. Category-kentässä kerrotaan, minkä tyyppisen komponentin odotetaan käsittelevän aikeen. Näitäkin Intent-luokka tarjoaa valmiita, mutta omien käyttö on mahdollista.

Aikeen vastaanottava komponentti voidaan päätellä kahdella tavalla. Komponentti valitaan ekplisiittisesti, jos `ComponentName`-kentässä on arvo. Tällöin muiden kenttien arvoista ei välitetä. Muussa tapauksessa Action-, Data- ja Category-kenttien arvojen perusteella selvitetään, mitä soveltuvia vastaanottavia komponentteja järjestelmään on asennettuna. Tässä käytetään apuna aiesuotimia (Intent filter).

Sovellukset voivat määritellä aiesuotimia, jotta järjestelmä tietää, mitkä sovellukset voivat ottaa vastaan aikeita. Aiesuotimet ovat komponenttikohtaisia, ja ne määrittelevät, mitä tapahtumia, tietotyyppisiä ja kategorioita ne tukevat. Aiesuotimia käytetään hyväksi implisiittisessä kohteen määrittelyssä. Jos kohde on määritelty eksplisiittisesti komponentin nimellä, aiesuotimilla ei ole vaikutusta [andb].

2.8 Android manifest

Jokaisella Android-sovelluksella on AndroidManifest.xml-tiedosto, joka sisältää järjestelmälle välttämätöntä tietoa sovelluksen ajamiseksi. Manifestissa määritellään muunmuassa sovelluksen javapaketti, joka toimii samalla sovelluksen uniikkina tunnisteen, määritellään sovelluksen komponentit, eli aktiviteetit, palvelut, sisällöntarjoajat ja lähetysten vastaanottajat, joista sovellus koostuu, sekä niiden toiminnallisuus ulkopuolelta tulevien aikeiden kannalta, mitä oikeuksia sovellus tarvitsee toimiakseen, mitä oikeuksia toisilla sovelluksilla pitää olla, jotta ne voivat käyttää kyseisen sovelluksen palveluita, mikä on sovelluksen vaatima Android API:n miniversio sekä mitä kirjastoja sovellus tarvitsee toimiakseen. [andb]

2.9 Androidin tietoturvaratkaisuista

Android-sovelluksia ajetaan Javan virtuaalikoneessa, joka pyörii väliohjelmistona (middleware) linuxin ytimen päällä. Jokainen Android-sovellus on oma käyttäjensä Android-järjestelmässä. Sovellusten välinen kommunikointi on rajattu Androidin oman API:n kautta toimivaksi aikeilla, joten sovellukset eivät pääse suoraan käsiksi toistensa koodiin. Tämä tarkoittaa myös sitä, että jos jostain sovelluksesta löytyy haavoittuvuus, sen kautta ei pääse käsiksi muuhun järjestelmään.

Android-sovellukset määrittelevät xml-manifestissaan (suomennos?) permission labels (suomennos?), joiden perusteella sovellustenvälinen kommunikaatio sallitaan tai estetään. Kutsuvasta sovelluksesta pitää löytyä vastaanottavan päään permisison label. (...) Sovelluksen komponentteja voi myös määritellä yksityisiksi (private), jolloin muista sovelluksista ei pääse niihin mitenkään käsiksi. Julkiset komponentit täytyy erikseen määritellä xml-manifestissa (joten vähemmän hyökättävää).

[OM09]

3 Testaamisesta, testityökalujen arvioinnista ja mobiilisovellusten testaamisen erityispiirteistä

Jotain

3.1 Testaamisen peruskäsitteitä

Testitapaus (test case) on yksittäinen testi, jolle on määritelty syötteet, suoritusehdot ja läpäisykriteerit. Testisarja (test suite) taas on joukko testitapauksia. Testisarja voi myös koostua useasta testisarjasta, jolloin esimerkiksi ohjelman jokaiselle komponentille voi olla oma testisarjansa ja yksi testisarja kattaa sitten kaikki yksittäisten komponenttien testisarjat. [PY08, 153]

Yksikkötestauksella (unit testing) tarkoitetaan testejä, joiden kohteena on pienimmät mahdolliset ohjelmakomponentit. Olio-ohjelmoinnissa tämä tarkoittaa useimmiten yksittäistä luokkaa, koska yksittäiset metodit vaikuttavat olion tilaan ja siten metodien toimintaan. [PY08, 282-286]. JUnit [jun] on Javan standardi yksikkötestaustyökalu.

Yksikkötestaus on useimmiten valkoinen laatikko -testausta (white box testing / structural testing / glass box testing), jolloin testejä voidaan kirjoittaa ohjelmakoodin perusteella. Testeiltä voidaan vaatia esimerkiksi tiettyä koodikattavuutta, jolloin varmistetaan, että mahdollisimman suuri osa ohjelmakoodista tulee suoritettua testien aikana. [PY08, 154]

Toiminnallisessa testauksessa (functional testing) testattavan ohjelman sisäistä rakennetta ei tunneta vaan ollaan kiinnostuttu vain syötteistä ja niitä vastaavista tulosteista. Toiminnallista testausta voidaan kutsua myös musta laatikko -testaukseksi (black box testing) (varmista jostain toisesta lähteestä että nämä ovat oikeasti synonyymi, wikipedian mukaan ei ole vaan functional on black boxin alalaji!) Toiminnallisessa testauksessa ollaan kiinnostuttu ohjelman käyttäjälle näkyvästä toiminnasta ja niitä voidaan tehdä esimerkiksi ohjelman määrittelyn pohjalta. [PY08, 161-162]

Mallipohjainen testaus (model based testing) on toiminnallisen testauksen alalaji, jossa testitapaukset luodaan automaattisesti ohjelman spesifikaatiosta tehdystä mallista. Jos ohjelma mallinnetaan formaalilla mallilla, kuten äärellisellä automaattilla tai kieliopilla, voidaan testitapaukset generoida täysin automaattisesti. Semi-formaaleilla menetelmillä, kuten luokka- tai oliokaavioilla, mallinnetuista ohjelmista

generointi saattaa vaatia manuaalista työtä. [PY08, 245-250]

Järjestelmätestauksessa (system testing) testataan koko järjestelmää, se perustuu ohjelman havaittavaan toimintaan ja se on itsenäinen suhteessa ohjelman toteutukseen. Jos ohjelma läpäisee järjestelmätestit, sen voi olettaa olevan vapaa tunnetuista bugeista. [PY08, 418-421]

Hyväksyntätestien (acceptance tests) tarkoitus on kertoa, onko ohjelma valmist julkaistavaksi. Hyväksyntätesteissä ei etsitä vikoja ohjelmasta, vaan yritetään varmistaa sen riittävä laatutaso. Hyväksyntätestit ovat usein tilastollisia: niissä mitataan ohjelman luotettavuutta, saavutettavuutta tai häiriötiheyttä. Ongelmana tällaisessa testauksessa on, että vaatii hyvin paljon testiainestoa ennen kuin voidaan olla varmoja ohjelman riittävästä laadusta. Usein hyväksyntätestauksessa käytetään alfa- ja beta-testausta, jolloin ohjelman käyttäjät pääsevät testaamaan ohjelmaa ja raportoimaan sen laadusta. [PY08, 421-423]

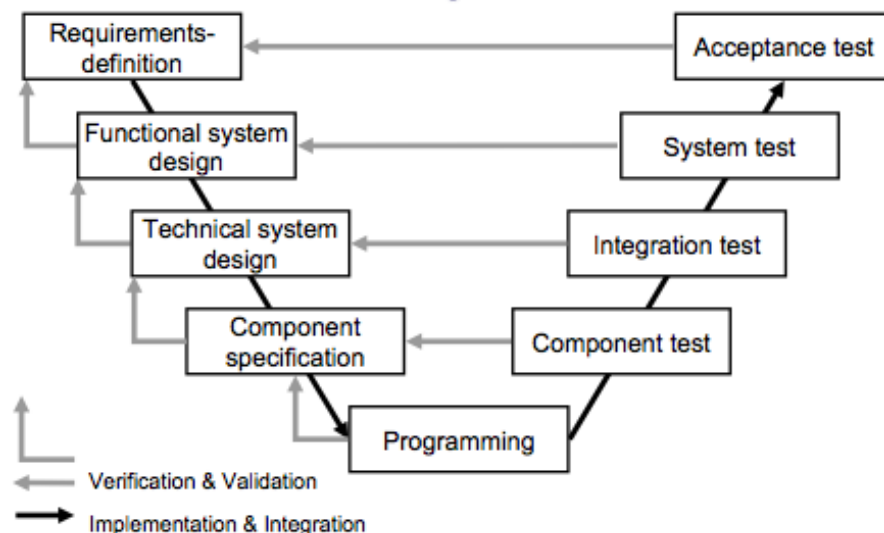
Mockaus (suomennos?) on tekniikka, joka helpottaa yksikkötestien kirjoittamista. Yksikkötestien ulkoiset riippuvuudet voidaan korvata testeissä kontrolloitavilla mockolioilla. Tällöin testit ovat vakaampia, koska ulkopuolisten komponenttien muokkaus ei vaikuta testeihin, testin haluttuun lopputulokseen vaikuttava ympäristö on helppo saada haluttuun muotoon. Tällöin testien on helppo testata myös sellaisia olosuhteita, jotka ovat harvinaisia, tai vaikea saada muokattua. Lisäksi mockaamalla voidaan korvata vielä tekemättömät ulkoiset riippuvuudet mock-toteutuksilla. [MFC01]

3.2 Testaaminen osana ohjelmistotuotantoprosessia

Ohjelmistotuotantoprosessia lähestytään yleensä jonkin elämänkaarimallin kautta. Testauksen näkökulmaa edustaa testauksen v-malli, joka on esitetty kuvassa 4. Mallin yleisessä versiossa lähdetään siitä, että jokaista ohjelmistotuotantoprosessin vaihetta vastaa jokin testausvaihe. Näin testaus tehdään ohjelmistotuotantoprosessissa yhtä tärkeäksi osaksi kuin itse sovelluksen kehittäminen. Kuvassa v:n vasemmalla haaralla on vesiputousmallin mukaiset ohjelmistotuotantoprosessin vaiheet. Viimeinen vaihe on alimpana oleva sovelluksen ohjelmointi. Oikealla haaralla on testausvaiheet, joissa jokaisessa varmistetaan, että ohjelma täyttää vasemman haaran samalla tasolla olevassa vaiheessa suunnitellut vaatimukset [SLS09, 39-42].

Jotain validoinnista ja verifiointista.

V-mallin alimmalla tasolla on komponentti- eli yksikkötestaus. Siinä testataan ohjelman pienempiä itsenäiseen toimintaan kykeneviä osasia, eli olio-ohjelmoinnin ta-



Kuva 4: Testauksen v-malli

pauksessa useimmiten luokkia. Android-sovellusten tapauksessa tällä voidaan ajatella yksittäistä Android-komponenttia, esimerkiksi aktiviteettia, tai jopa aktiviteettia pienempiä osia, kuten yksittäistä näkymä-luokkaa tai muuta toimintaa tarjoavaa alikomponenttia. Komponenttitestaus on useimmiten valkoinen laatikko -testausta ja sen suorittaminen vaatii ohjelmointitaitoa. Useimmiten sovelluksen ohjelmoijat suorittavat itse komponenttitestauksen. Komponenttitestauksella pyritään varmistamaan, että komponentti täyttää sen toiminnallisen määritelmän. Komponenttitestejä tehdään usein eri kielille kehitetyillä yksikkötestikehyksillä, kuten Javan JUnitilla. Oikean toiminnallisuuden testaamisen lisäksi on tärkeää testata myös toiminta väärillä syötteillä ja poikkeustilanteissa. Moderni tapa tehdä komponenttitestausta on kirjoittaa testikoodi ennen sovelluskoodia [SLS09, 43-50].

V-mallin seuraavalla tasolla on integraatiotestaus. Siinä vaiheessa oletetaan, että komponenttitestaus on jo tehty ja yksittäisten komponenttien omaan toimintaan liittyvät virheet on löydetty. Integraatiovaiheessa yksittäisten komponentit yhdistetään toisiinsa ja testataan, että niiden yhteistoiminta on oikeanlaista. Tavoitteena on löytää mahdolliset virheet komponenttien rajapinnoista ja komponenttien välisestä yhteistyöstä. Testauksessa voidaan käyttää apuna stuboja (suomennos?) sellaisista komponenteista, jotka eivät vielä ole valmiita [SLS09, 50-52].

V-mallin kolmannella testaustasolla on järjestelmätestaus (system testing). Järjestelmätestauksessa testataan, että täysin integroitu järjestelmä toimii kokonaisuutena kuten pitäisi. Alemmista tasoista poiketen järjestelmätestauksessa näkökulma on järjestelmän tulevan käyttäjän, kun alemmilla tasoilla testaus on luonteeltaan

enemmän teknistä. Järjestelmätestauksessa varmistetaan, että järjestelmä kokonaisuudessaan täyttää sille asetetut toiminnalliset ja ei-toiminnalliset vaatimukset. Järjestelmätestauksessa ei tulisi käyttää enää stubbeja, vaan järjestelmän kaikki komponentit tulisi asentaa esimerkiksi erilliseen testiympäristöön testausta varten. Itse sovelluksen lisäksi järjestelmätestauksen piiriin kuuluu ohjelmiston dokumentaatio ja konfiguraatio [SLS09, 58-61].

V-mallin viimeinen vaihe on hyväksyntätestaus. Alemmilla tasoilla sovellus on ollut kehittäjän vastuulla, mutta hyväksyntätestauksessa järjestelmä testataan asiakkaan näkökulmasta. Tällöin pyritään varmistamaan, että tuotettu järjestelmä täyttää mahdollisen sopimuksen, että sen käyttäjät hyväksyvät sen käytön sekä mahdollisesti alpha tai beta -testauksen oikeilla järjestelmän loppukäyttäjillä.[SLS09, 62-]

3.3 Mobiilisovellusten testaamisen erityispiirteitä

Jotain.

agile + tdd mobiilikontekstissa ([mob] + [AHH⁺04] + työkalukehitystä [Spa10])

3.4 Mikä on hyvä testityökalu?

Androidille on tehty Androidin mukana tulevien testaustyökalujen lisäksi monia muita testaustyökaluja. Nämä työkalut erottautuvat Androidin työkaluista jollain tavalla.

Testaustyökalujen arviointia käsittelevät muunmuassa Poston ja Sexton [PS92]. Hyvän testaustyökalun kriteerit ovat osin kontekstista riippuvia, mutta Poston ja Sexton määrittelevät myös yleisempiä kriteerejä testityökalujen arviointiin. Työkalun toiminnallisten ominaisuuksien arviointi on yleensä kontekstiriippuvaista, mutta usein myös helposti määriteltävissä. Jollain työkalulla pystyy testaamaan asioita, joita toisella ei voi. Ei-toiminnallisia olennaisia ominaisuuksia he luettelevat työkalun tehokkuuden, miten nopeasti sen käytön oppii, miten nopeaa testien tekeminen sillä on ja miten luotettava työkalu on.

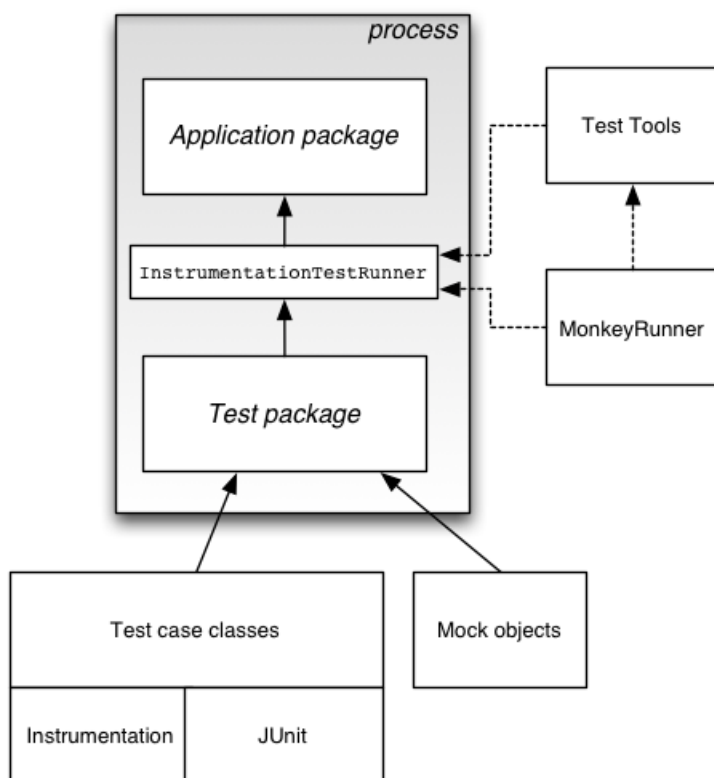
Michael et al. [MBS02] ovat kehittäneet joukon metriikoita testityökalun tehokkuuden arviointiin. Heidän käyttämänsä metriikat ovat saaneet innoituksensa tavallisille sovelluksille kehitetyistä erilaisista kompleksisuusmetriikoista, kuten koodirivien määrä tai syklomaattinen kompleksisuus. He esittävät listan vastaavia metriikoita

testityökalujen tehokkuuden arviointiin. Näitä arvoja voi sitten painottaa testityökalujen valinnassa haluamallaan tavalla. Osa metriikoista ei ole enää relevantteja nykyisten testaustyökalujen kannalta. Esittelen nyt niitä metriikoita, jotka ovat yhä relevantteja.

4 Androidin mukana tulevista työkaluista

Pitäiskö tässä luvussa olla jotain ylipäänsä testaamisen perusteita, vai riittääkö että johdannossa sivutaan aihetta?

4.1 Android SDK:n mukana tulevia testityökaluja



Kuva 5: placeholder omalle kuvalle

Androidin SDK:n (suomennos!) mukana tulee monia testaustyökaluja. Testejä voi ajaa joko emulaattorilla tai suoraan puhelimesta.

Androidin testisarjat(suite?) perustuvat JUnit-työkaluun. Puhdasta JUnitia voi käyttää sellaisen koodin testaamiseen, joka ei kutsu Androidin rajapintaa tai sitten voi käyttää Androidin JUnit-laajennusta Android-komponenttien testaukseen. Laajennus tarjoaa komponenttikohtaiset test case (suomennos?) luokat. Nämä luokat tarjoavat apumetodeita mock-olioiden(suomennos?) luomiseen ja komponentin elinkaaren hallintaan. Androidin JUnit-toteutus mahdollistaa JUnitin versio 3:n mukaisen testityylin, ei uudempaa versio 4:n mukaista.

Kuvassa 5 on esitetty Androidin testien ajoympäristö. Testattavaa sovellusta testataan ajamalla testipaketissa olevat testitapaukset MonkeyRunnerilla (ks. luku 4.3). Testipaketti sisältää testitapausten lisäksi Androidin instrumentaatiota, eli apuvälineitä sovelluksen elinkaaren hallintaan ja koukkuja, joilla järjestelmän lähettämiä callback-metodikutsuja pääsee muokkaamaan, sekä mahdollisesti mock-olioita korvaamaan järjestelmän oikeita luokkia testin ajaksi mock-toteutuksella. [andb]

4.2 Komponenttikohtaiset testiluokat

Android tarjoaa aktiviteeteille, palveluille ja sisällöntarjoajille jokaiselle oman testityyliluokkansa, joka mahdollistaa komponenttikohtaisten testien helpomman toteutuksen.

Aktiviteettien testauksessa Androidin JUnit-laajennus on tärkeä, koska aktiviteetilla on monimutkainen elinkaari, joka perustuu paljolti callback-metodeihin (suomenos), joiden suora kutsuminen ei ole mahdollista. Aktiviteettien testauksen pääyliluokka on InstrumentationTestCase. Sen avulla on mahdollista käynnistää, pysäyttää ja tuhota testattavana oleva aktiviteetti halutuissa kohdissa. Lisäksi sen avulla voi mockata järjestelmäolioita, kuten Contexteja ja Applicationseja. Tämä mahdollistaa testin eristämisen muusta järjestelmästä ja Intentien luomisen testiä varten. Lisäksi yliluokassa on metodit käyttäjäinteraktion, kuten kosketus- ja näppäimistötapahutumien lähettämiseen suoraan testattavalle luokalle.

Aktiviteettien testaamiseen on kaksi olennaista välitöntä yliluokkaa, ActivityUnitTestCase ja ActivityInstrumentationTestCase2. ActivityUnitTestCase on tarkoitettu luokan yksikkötestaamiseen siten, että se on eristetty Android-kirjastoista. Näitä testejä voi ajaa suoraan IDEstä ja tarvittaessa Android-kirjaston mockaamiseen on käytössä MockApplication-olio. ActivityInstrumentationTestCase2 taas on tarkoitettu toiminnalliseen testaukseen tai useamman aktiviteetin testaamiseen. Ne ajetaan normaalissa suoritusympäristössä emulaattorilla tai Android-laitteessa. Aikeiden mockaus on mahdollista, mutta testin eristäminen muusta tuotantojärjestelmästä ei ole mahdollista.

Palveluiden testaaminen on paljon yksinkertaisempaa kuin aktiviteettien. Ne toimivat eristyksessä muusta järjestelmästä, joten testattaessakaan ei tarvita Androidin instrumentaatiota. Android tarjoaa ServiceTestCase-yliluokan palveluiden testaamiseen. Se tarjoaa mock-oliot Application- ja Context-luokille, joten palvelun saa testattua eristettynä muusta järjestelmästä. Testiluokka käynnistää testatta-

van palvelun vasta kutsuttaessa sen `startService()` tai `bindService()`-metodia, jolloin mock-oliot voi alustaa ennen palvelun käynnistymistä. Mock-olioiden käyttö palveluiden testaamisessa paljastaa myös mahdolliset huomaamatta jääneet riippuvuudet muuhun järjestelmään, koska mock-oliot heittävät poikkeuksen, mikäli niihin tulee metodikutsu, johon ei ole varauduttu.

Sisällöntarjoajien testaaminen on erityisen tärkeää, jos sovellus tarjoaa sisällöntarjoajiaan muiden sovellusten käyttöön. Tällöin on myös olennaista testata niitä käyttäen samaa julkista rajapintaa, jota muut sovellukset joutuvat käyttämään kommunikoidessaan sisällöntarjoajien kanssa. Sisällöntarjoajien testauksen ylikuokka on `ProviderTestCase2`, joka tarjoaa käyttöön mock-oliot `ContentResolver`istä ja `Context`istä, jolloin sisällöntarjoajia voi testaja eristyksissä muusta sovelluksesta. Ylikuokka tarjoaa myös metodit sovelluksen oikeuksien testaamisen. Contextin mock-olio mahdollistaa tiedosto- ja tietokantaoperaatiot, mutta muut Androidin kirjastokutsut on toteutettu stubeina. Lisäksi tiedon kirjoitusosoite on uniikki testissä, joten testien ajaminen ei yliaja varsinaista sovelluksen tallentamaa tietoa. Sisällöntarjoajatestit ajetaan emulaattorissa tai Android-laitteella. [andb]

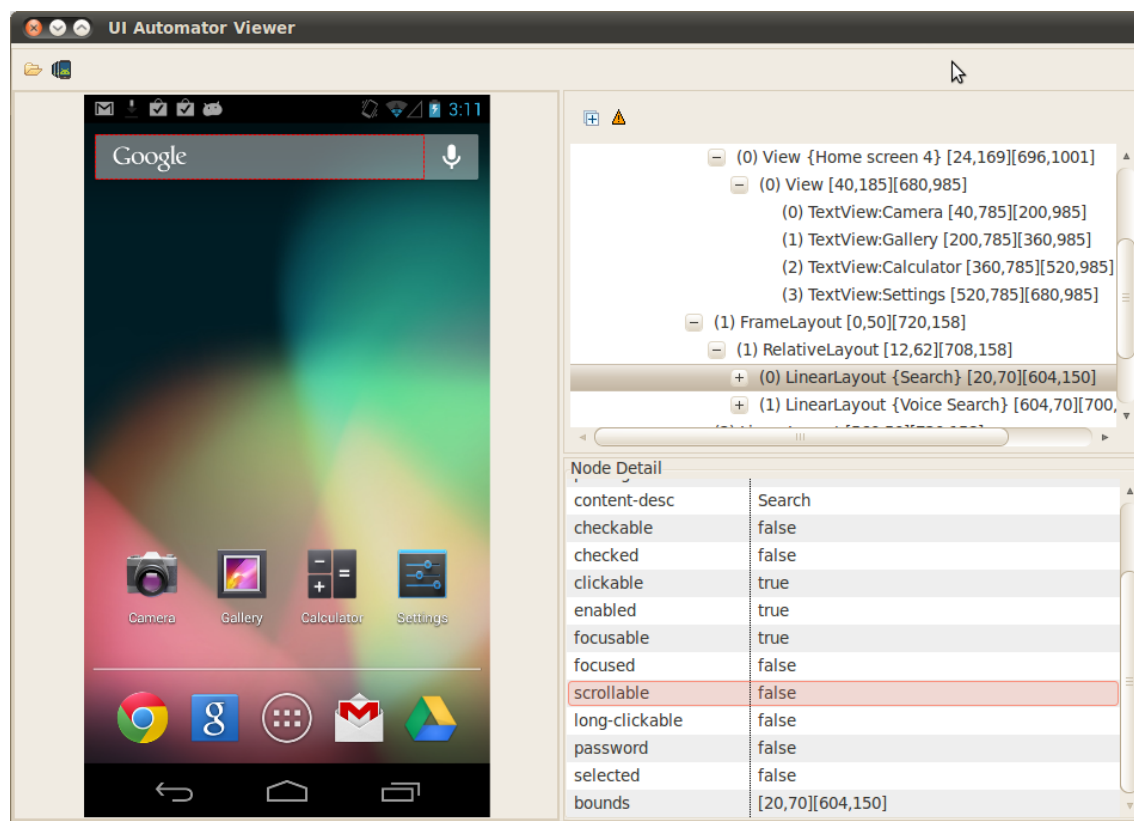
4.3 MonkeyRunner

MonkeyRunner tarjoaa rajapinnan, jolla android-sovellusta voi ohjata laitteessa tai emulaattorissa. Se on lähinnä tarkoitettu toiminnallisten testien (functional tests, onko oikea suomennos?) sekä yksikkötestien ajamiseen, mutta soveltuu myös muihin tarkoituksiin. Sen avulla voi esimerkiksi asentaa sovelluksia, ajaa testisarjoja ja sovelluksia ja lähettää niihin syötteitä. Lisäksi monkeyrunnerilla voi ottaa eri kohdista kuvakaappauksia ja verrata niitä referenssikuvuihin. Tällä tavalla voidaan tehdä esimerkiksi regressiotestausta.

MonkeyRunnerilla voidaan testata yhtä aikaa esimerkiksi monia eri emulaattoreita tai useita laitteita, jolloin voidaan tehdä fragmentaatiotestausta. MonkeyRunner on myös laajennettavissa, jolloin sitä voi käyttää muihinkin tarkoituksiin. MonkeyRunneria ohjataan pythonilla ja se on toteutettu jythonilla, joka on Javan virtuaalikoneessa pyörivä python-toteutus.[andb]

4.4 Uiautomator ja uiautomatorviewer

Monkeyrunneria paremmat assert-mahdollisuudet ja mahdollisuuden toiminallisten mustalaatikko-testien kirjoittamiseen Javalla tarjoaa uiautomator. Siinä on kaksi komponenttia uiautomatorviewer ja uiautomator. Uiautomatorviewer on graafinen työkalu, jolla voi analysoida ja skannata Android-sovelluksen käyttöliittymää ja uiautomator työkalu, joka tarjoaa rajapinnan ja moottorin toiminnallisten mustalaatikotestien ajamiseen.



Kuva 6: placeholder omalle kuvalle

Uiautomatorviewer (kuvassa 6) blah
[andb]

4.5 Monkey

Monkey on Androidin mukana tuleva työkalu, jota voi ajaa emulaattorissa tai Android-laitteessa ja joka tuottaa pseudosatunnaisia syötteitä ohjelmalle, kuten painalluksia, eleitä sekä järjestelmätason viestejä. Monkeytä voi käyttää esimerkiksi sovelluksen

stressitestaukseen tai fuzz-testaukseen.

Monkeylle voi antaa jonkin verran sen toimintaa ohjaavia parametreja. Ensinnäkin testisyötteiden määrää ja tiheyttä voi rajoittaa. Toiseksi erityyppisten syötteiden osuutta voi säätää. Kolmanneksi testauksen voi rajoittaa tiettyyn pakettiin sovelluksessa. Tällöin Monkey pysäyttää testauksen, jos se on ajautuu muihin kuin haluttuun osaan sovelluksesta. Neljänneksi Monkeyn tulosteiden määrää ja tarkkuutta voi säätää.

Monkey pystäyttää testin, jos ohjelmasta lentää käsittelemätön poikkeus tai jos järjestelmä lähettää sovellus ei vastaa -virheviestin. Näissä tapauksissa Monkey antaa raportin virheestä ja miten se syntyi. Monkey voi myös haluttaessa tehdä profiloitiraportin testistä.[andb]

4.6 Androidin fragmentaatio

Google tarjoaa android-laitteiden fragmentaation seurantaan palvelua, jossa kerrotaan kahden viikon jaksolla Androidin sovelluskaupassa käyneiden laitteiden jakauma androidin version, näytön koon ja resoluution sekä OpenGL:n version mukaan.[andc] Jakauma ei välttämättä vastaa käytössä olevien Android-laitteiden jakaumaa, mutta toisaalta sovelluskehittäjän kannalta ne käyttäjät, jotka käyttävät sovelluskauppaa, lienevät olennaisimpia.

Versio	Koodinimi	API	Osuus
1.5	Cupcake	3	0.1%
1.6	Donut	4	0.4%
2.1	Eclair	7	3.4%
2.2	Froyo	8	12.9%
2.3 - 2.3.2	Gingerbread	9	0.3%
2.3.3 - 2.3.7	Gingerbread	10	55.5%
3.1	Honeycomb	12	0.4%
3.2	Honeycomb	13	1.5%
4.0.3 - 4.0.4	Ice Cream Sandwich	15	23.7%
4.1	Jelly Bean	16	1.8%

Taulukko 1: Androidin versioiden osuus 1.10.2012 päättyneellä 2-viikkoisjaksolla

Taulukko 1 kuvaa androidin käyttöjärjestelmäversioiden jakaumaa. Miksi olennainen? Androidin 4-versio julkaistiin lokakuussa 2011, mutta vuotta myöhemmin vain

noin neljäsosa laitteista käyttää 4. versiota. Jos sovelluskehittäjä haluaa tukea esimerkiksi 90% markkinoilla olevista laitteista, on tuki ulotettava 2.2-versioon, joka julkaistiin toukokuussa 2010. [andd]

	ldpi (120dpi)	mdpi (160dpi)	hdpi (240dpi)	xhdpi (320dpi)
small	1.7%		1.0%	
normal	0.4%	11%	50.1%	25.1%
large	0.1%	2.4%		3.6%
xlarge		4.6%		

Taulukko 2: Android-laitteiden näyttökokojen ja pikselitiheyden osuudet 1.10.2012 päättyneellä 7 päivän jaksolla.

Android-laitteet poikkeavat toisistaan sekä näytön fyysisen koon, että pikselitiheyden puolesta. Taulukossa 2 on kuvattuna erilaisten näyttötyyppien jakaumaa. Näytön koon arvioinnissa android käyttää tiheysnormalisoituja pikseleitä (Density-independent pixel, dp), jotka lasketaan kaavalla $px = dp * (dpi / 160)$, missä px on pikseli ja dpi on pikseleiden määrä tuumalla. Siten esimerkiksi 240 dpi:n näytöllä, yksi dp vastaa puoltatoista fyysistä pikseliä. Sovellusten ulkoasu tulisi aina suunnitella käyttäen dp:tä yksikkönä, jolloin skaalaus eri kokoisille ja pikselitiheyksille näytöille onnistuu parhaiten. Taulukossa 2 näyttökoot on lajiteltu niin, että xlarge näyttöjen resoluutio on vähintään 960dp x 720dp, large: 640dp x 480dp, normal: 470dp x 320dp ja small vähintään 426dp x 320dp.

OpenGL ES versio	jakauma
1.1	9.2%
2.0 & 1.1	90.8%

Taulukko 3: OpenGL versiot

Taulukossa 3 on kuvattu OpenGL ES -versioiden jakauma Android-laitteissa.[andc] Oheisten muuttujien lisäksi Android-laitteet poikkeavat toisistaan myös monilla muilla tavoin. Suoritintehoa laitteissa on hyvin eri määrissä käytössä ja näytönohjainten tehotkin vaihtelevat. Lisäksi erilaisia lisälaitteita, kuten gps, kiihtyvyysantureita, kompassoja yms. saattaa olla laitteissa, tai olla olematta.

4.7 Mitä keinoja android sdk tarjoaa fragmentaation hallintaan

Jos sovellus tarvitsee välttämättä laitteelta tiettyjä ominaisuuksia, on mahdollista suodattaa sovellus pois Androidin sovelluskaupan hauista, jos sitä haetaan laitteella, joka ei tue sovelluksen vaatimia ominaisuuksia. Tärkeimmät suotimet ovat androidin API:n minimiversio, tiettyjen lisälaitteiden olemassaolo ja näytön koko.

`<uses-sdk>`-direktiivillä (directive suomennos?) määritellään Androidin API:n minimiversio. Jos laitteessa on käytössä pienempi API-versio kuin direktiivillä annettu, sovellusta ei näytetä hakutuloksissa. `<support screens>`-direktiivi määrittelee, millä näytön koolla sovellus toimii. Tavallisesti määrittelemällä jokin tuettu koko, sovelluskauppa olettaa, että laite tukee sen lisäksi myös isompia näyttökokoja, muttei pienempiä. On myös mahdollista määritellä erikseen kaikki tuetut näyttökoot.

`<uses-feature>`-direktiivillä voidaan määritellä mitä ominaisuuksia sovellus vaatii. Näitä on sekä laitteistotasolla, kuten kamera, kiihtyvyysanturi tai kompassi, että ohjelmistotasolla, kuten vaikka liikkuvat taustakuvat, joiden pyörittämiseen kaikissa Android-laitteissa ei riitä resursseja. `<uses-feature>`-direktiiviä käytetään, kun sovellus ei lainkaan toimi ilman kyseistä ominaisuutta. Jos sovellus on käyttökelpoinen myös ilman ominaisuutta, voi tämän hallintaan käyttää muita keinoja (ja ne oli..?) [anda]

5 Yksikkötestityökaluja

Androidin oma yksikkötestitapa on tehdä JUnit-testejä Androidin oman `AndroidUnitTestCase`-luokan aliluokkana. Nämä testit ajetaan emulaattorissa Dalvik-ympäristössä. Tässä tavassa on kaksi heikkoutta, jonka takia on olemassa myös kolmansien osapuolien yksikkötestityökaluja Android-ympäristöön. Ensinnäkin testien ajaminen emulaattorissa on hitaampaa kuin jos niitä voisi ajaa suoraan standardissa Javan virtuaalikoneessa JUnit-testeinä. Toiseksi muutkaan testauksen apuna käytettävät työkalut, kuten mock-kehukset, eivät välttämättä toimi ongelmitta Dalvik-ympäristössä. Tässä luvussa vertailen Android-sovelluksen yksikkötestausta `AndroidUnitTestCase`lla ja suosituimmalla JVM-vaihtoehdolla: Robolectricillä.

Yksikkötesteissä kiinnostavaa on nimenomaan Androidin keskeisten komponenttien testauksesta, koska ohjelmassa mahdollisesti olevat muut kuin Androidin kirjastoluokista perivät luokat on helppo testata tavanomaisilla javan yksikkötestityökaluilla ilman erityisesti Androidille tarkoitettuja työkaluja.

Tavoitteista: helppokäyttöinen, nopea, toimii mock-kehysten kanssa, lue lisää lähteistä

5.1 Robolectric

Robolectric on yksikkötestaustyökalu, jonka tarkoitus on mahdollistaa android-koodin yksikkötestaus suoraan ohjelmointiympäristössä Javan virtuaalikoneessa ilman emulaattoria. Tarkoitus on mahdollistaa nopea TDD-sykli ja helpompi integrointi jatkuvan integroinnin palveluihin. Normaalisti Android-kirjaston luokat palauttavat kutsuttaessa IDE:stä ajoaikaisen poikkeuksen, mutta Robolectric korvaa nämä luokat varjototeutuksilla, jotka palauttavat poikkeuksen sijaan tyhjän oletusvastauksen (kuten null, 0 tai false) tai jos Robolectricissa on kyseistä metodia varten olemassa varjototeutus, se palauttaa toteutuksen määrittelemän oikeamman paluuarvon.

Robolectricin varjoluokkien käytön vaihtoehtona on jonkin mock-kehysten käyttäminen androidin kirjaston korvaamiseen, mutta tämä on hyvin työläs ja verboosi tapa kirjoittaa testejä. Lisäksi tällöin testejä kirjoittaessa täytyy tuntea testattavan metodin toiminta hyvin tarkasti, jotta mock-toteutukset saadaan kirjoitettua. Robolectricin varjoluokat mahdollistavat enemmän musta laatikko -tyyppisen testauksen. [roba]

5.2 Aiempaa tutkimusta

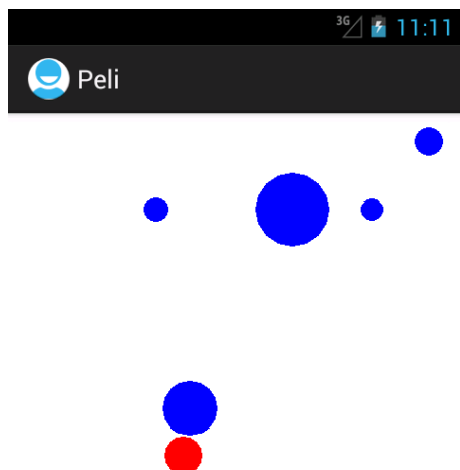
Sadeh et al. vertasivat Androidin aktiviteettien yksikkötestausta JUnitilla, AIT:lla (lyhenne/suomenmos?) ja Robolectricilla. JUnitilla testattaessa ongelmaksi muodostui se, että ohjelmakoodia jouduttiin melko rajusti refaktoroimaan(suomenmos?), jotta luokkien yksikkötestaus onnistui. Tämä tekee ohjelman ylläpidon vaikeaksi. JUnitin hyvä puoli oli erittäin nopea testien ajonopeus. Robolectricillä testien tekeminen taas oli lähes yhtä helppoa kuin AIT:lla. AIT:hen verrattuna Robolectricin vahvuudet oli virhepaikkojen paikantamisen helppous ja nopea ajonopeus. Robolectric-testit ajautuivat viisi kertaa nopeammin kuin AIT:lla ajatut testit, koska AIT ajaa testit emulaattorilla Dalvikilla, Robolectric taas suoraan Javalla. AIT:n suurin vahvuus oli testien kirjoittamisen helppous.[S⁺11]

Sadeh et al. eivät käyttäneet JUnit-testeissään mitään mock-työkalua, joten testeissä testiluokan riippuvuudet mockattiin tekemällä niistä staattisia sisäluokkia testiluokan sisään. Tämä on erittäin verhoosi tapa ja vaikutti osaltaan siihen, miksi puhdas JUnit-testi näytti niin hankalalta. Androidin kirjastoluokat on pakko eristää testattavasta luokasta Javan virtuaalikoneella testattaessa, koska androidin kehitysympäristössä käytettävä paketti ei sisällä varsinaisesti luokkien sisältöä, vaan vain niiden luokkien julkiset rajapinnat, jolloin kehitystyökalut osaavat auttaa niiden käytössä, mutta varsinaista toteutusta ei ole.

Jeon & Foster mainitsevat Robolectricin vahvuudeksi sen, että se pyörii Javan virtuaalikoneessa ja näin ohittaa hitaan vaihe testista, kun sovellus pitää kääntää emulaattorille tai laitteelle testattavaksi. Robolectric ei heidän mielestään kuitenkaan sovellu kokonaisten sovellusten testaamiseen, koska sen varjoluokat eivät toteuta Androidin komponenteista kuin osan. Ylipäänsä Robolectric vertautuu Jeonin ja Fosterin mielestä paljolti robotiumiin. [JF12]

Allevato & Edwards käyttivät Robolectriciä opetuskäyttöön tarkoitetun RoboLIFT-työkalun kehitykseen. Robolectric auttoi heitä ohittamaan emulaattorin käytön ja nopeuttamaan opiskelijoiden testisykliä ja automaattista arviointialgoritmia. Tässä käytössä Robolectricin ongelma oli, että se ohittaa käyttöliittymän piirtämisen kokonaan ja muunmuassa näkymien onDraw-metodia ei kutsuta ollenkaan. Tämän seurauksena esimerkiksi näkymän leveys on aina 0 pikseliä, jolloin sellaiset testit, joilla haluttiin klikata näytöllä johonkin suhteelliseen kohtaan (vaikkapa keskelle) eivät toimineet oikein. [AE12]

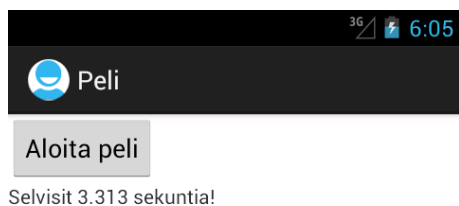
5.3 Testiprojekti



Kuva 7: Ruutukaappaus pelistä

Yksikkötestaustyökaluja testasin itse tehdyllä demoprojektilla. Kyseessä on yksinkertainen peli, jonka pelinäköymästä on ruutukaappaus kuvassa 7. Pelissä ohjataan kosketusnäytöllä painamalla punaista palloa ja pyritään väistämään ympäriinsä pomppivia sinisiä palloja. Kun peli päättyy, palataan takaisin päänäköymään, josta on ruutukaappaus kuvassa 8. Tästä näköymästä voi aloittaa uuden pelin ja lisäksi näkee, montako sekuntia edellinen peli kesti.

Peli koostuu kahdesta aktiviteetista, yksinkertaisemmasta MainActivity:sta sekä hieman monimutkaisemmasta GameActivity:sta, jonka yksikkötestaukseen keskityn. Itse peliä ohjaa GameView-luokka, joka on yhtä aikaa näköymä ja kontrolleri MVC-suunnittelumallin mukaisesti. Malleja ovat GameClock, joka kuvaa pelikelloa, sekä Circle, joka kuvaa yhtä ruudulla näkyvää ympyrää. GameActivity toteuttaa lisäksi OnGameEndListener-rajapinnan, jonka avulla GameView ilmoittaa pelin päättymisestä ja pistemäärästä. Pelin luokkakaavio on esitetty kuvassa 9.

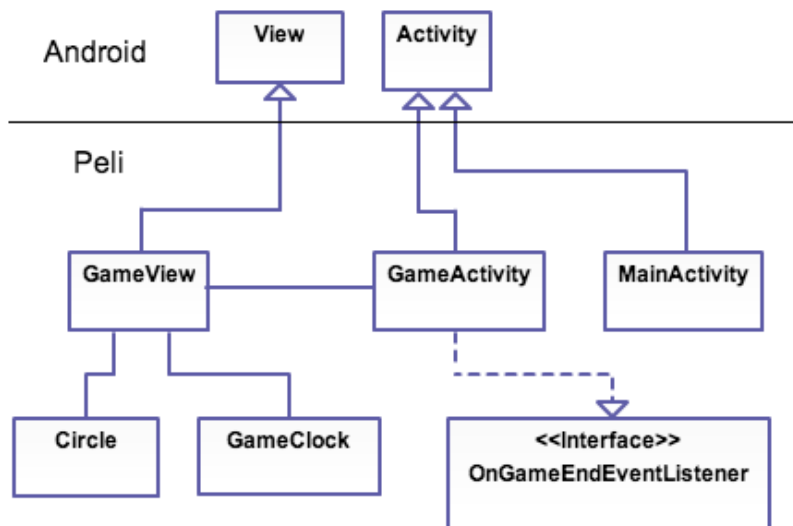


Kuva 8: Ruutukaappaus pelist

5.4 Robolectricin asentaminen

Robolectricin suositeltu asennustapa on Maven, joka on yleisesti käytössä oleva kääntämis- ja riippuvuuksienhallintatyökalu [mav]. Koska testattava projekti ei ollut Maven-projekti, jouduin tekemään roboelectric-testitkin ilman Mavenia. Ilman Mavenia asennus osoittautui haastavaksi: Eri kirjastopakettien riippuvuudet eivät tahtoneet mitenkään toimia yhteen. Lopulta asennus kuitenkin onnistui tekemällä Robolectricin TestRunnerista oma aliluokka. Listauksessa 1 on muokattu Robolectricin aliluokka testejä varten lähteenä olleesta esimerkistä [sam]. Olennaista on, että yliluokalle syötetään konstruktoriparametrina RobolectricConfig-olio, jolle annetaan parametrina testattavan Android-sovelluksen AndroidManifest.xml sekä resurssi-hakemiston osoite.

Robolectric-testejä varten luodaan oma tavallinen Java-projekti Eclipsessä, joka laitetaan viittaamaan Android-projektin koodiin. Testiprojektin build pathiin tarvitaan roboelectricin jar-paketti, sekä androidin android.jar sekä maps.jar -paketit. Robolectricin paketin pitää olla riippuvuuslistassa ennen android-paketteja, jotta se toimii. Tämän jälkeen testejä voi ohjelmoida kuten tavallisia JUnit-testejä.



Kuva 9: Pelin luokkakaavio

5.5 Perusominaisuudet

Aktiviteetin elinkaarimetodien testaus on olennaisin osa android-sovellusten yksikkötestauksesta. Testeissä testataan koodia, joka löytyy liitteestä x.

Listauksessa 2 on yksinkertainen aktiviteettiyksikkötesti Robolectricillä toteutettuna. Robolectricin testit ovat yhteensopivia JUnitin version 4 kanssa, mikä mahdollistaa annotaatioiden käytön testeissä. @RunWith-annotaatiolla määritellään testien ajossa käytettävä testiajaja (runner), tässä tapauksessa käytetään luvussa 5.4 esiteltyä ajajaa. @Before-annotaatiolla ilmaistaan menetit, jotka on ajettava ennen testejä ja @Test-annotaatiolla ajettavat testit.

setUp()-metodissa alustetaan testattava aktiviteetti ja kutsutaan sen onCreate-metodia. Robolectric automaattisesti havaitsee Androidin metodien kutsun ja korvaa ne robolectricin toteutuksella, jotta ne toimivat testissä. Tämän takia aktiviteetti voidaan alustaa suoraan konstruktorilla ja kutsua sen onCreate()-metodia toisin kuin AndroidUnitTestissä, jossa aktiviteetti käynnistetään AndroidUnitTestCase-luokan apumetodien avulla.

Ensimmäisessä testissä testataan, että aktiviteetin onCreate()-metodista alustetaan GameView-olio Running-tilaan. Robolectricin toteutus findViewById()-metodista mahdollistaa View-olion löytämisen Android-sovelluksen resursseissa määritellyn tunnisteen perusteella. Tämän jälkeen varmistetaan, että GameViewin tila on todella vaihtunut Running-tilaan.

Listing 1: CustomRobolectricTestRunner

```

public class CustomRobolectricTestRunner
    extends RobolectricTestRunner {
    public CustomRobolectricTestRunner(@SuppressWarnings("rawtypes")
        Class testClass) throws InitializationError {
        super(testClass, new RobolectricConfig(
            new File("../Demo/AndroidManifest.xml"),
            new File("../Demo/res")));
    }
}

```

Toinen testi on rakenteeltaan hyvin samanlainen: siinä testataan, että onPause()-elinkaarimetodin kutsuminen siirtää GameViewin pause-tilaan. Testimekaniikka on sinänsä täsmälleen samanlainen kuin ensimmäisessä testissä.

Nämä testit eivät vaadi mitenkään ottamaan huomioon, että testejä tehdään Robolectriciä, eikä oikeaa Androidia vastaan. Robolectric toimii taustalla automaattisesti ja mahdollistaa testien vaatimat Androidin kirjastokutsut.

Listauksessa 3 on toteutettu vastaavat testit kuin listauksessa 2. Itse testit ovat täysin identtisiä robolectric-testien välillä, erot ovat alustuksessa. Androidin aktiviteettiyksikkötestit perivät ylikuokan ActivityUnitTestCase, jolle annetaan konstruktori-parametrina testattavan aktiviteetin luokka. Tämän jälkeen ylikuokka instrumentoi luokan testausta varten.

setUp()-metodissa kutsutaan ylikuokan setUp()-metodia ja käynnistetään testattava aktiviteetti ylikuokan tarjoamalla startActivity()-metodilla. Tämän jälkeen viite testattavaan aktiviteettiin saadaan ylikuokan getActivity()-metodilla.

Robolectricistä poiketen Androidin yksikkötestit ovat JUnit3-pohjaisia, joten annotaatioita ei käytetä, vaan metodien nimien perusteella päätellään setUp()-metodi sekä testimetodit siitä, että niiden nimi alkaa sanalla test. Koska setUp()-metodeita on vain yksi, on setUp()-metodin alussa kutsuttava ylikuokan setUp()-metodia tai ylikuokan suorittamat alustukset jäävät tekemättä.

Listauksessa 4 on hieman monimutkaisempi testitapaus samasta testiluokasta kuin listaus 2. Tässä testissä testataan että pelin loppua. Jos aktiviteetti toimii oikein, se rekisteröi GameView-oliolle observer-patternin (suomennos?) mukaisen tarkkai-

Listing 2: Robolectric Activity test

```

@RunWith( CustomRobolectricTestRunner.class )
public class GameActivityTest {

    private GameActivity activity;

    @Before
    public void setUp() {
        activity = new GameActivity();
        activity.onCreate( null );
    }

    @Test
    public void testCreatedActivityInitializesGameViewWithRunningState() {
        GameView gameView = (GameView) activity.findViewById(R.id.gameview);
        assertEquals( gameView.getState(), GameState.RUNNING );
    }

    @Test
    public void testOnPauseStopsTheGame() {
        activity.onPause();
        GameView gameView = (GameView) activity.findViewById(R.id.gameview);
        assertEquals( gameView.getState(), GameState.PAUSED );
    }
}

```

Listing 3: ActivityUnitTestCase

```

public class GameActivityTest extends ActivityUnitTestCase<GameActivity>() {

    private GameActivity activity;

    public GameActivityTest() {
        super(GameActivity.class);
    }

    public void setUp() throws Exception {
        super.setUp();
        startActivity(new Intent(getInstrumentation().getTargetContext(),
                                GameActivity.class), null, null);
        activity = (GameActivity) getActivity();
    }

    public void testCreatedActivityInitializesGameViewWithRunningState() {
        GameView gameView = (GameView) activity.findViewById(R.id.gameview);
        assertEquals(gameView.getState(), GameState.RUNNING);
    }

    public void testOnPauseStopsTheGame() {
        activity.onPause();
        GameView gameView = (GameView) activity.findViewById(R.id.gameview);
        assertEquals(gameView.getState(), GameState.PAUSED);
    }
}

```

Listing 4: Robolectric Shadow objects

```

@Test
public void testMainActivityIsCalledAfterLostGame() {
    GameView gameView = (GameView) activity.findViewById(R.id.gameview);
    gameView.setState(GameState.LOST);

    ShadowActivity shadowActivity = shadowOf(activity);
    Intent startedIntent = shadowActivity.getNextStartedActivity();
    assertEquals(startedIntent.getComponent().getClassName(),
                  MainActivity.class.getName());
    assertEquals(startedIntent.getStringExtra(GameActivity.SCORE),
                  equalTo("0.0"));
}

```

lijan, jota kutsutaan, kun peli päättyy. Aktiviteetin pitäisi tämän jälkeen pyytää GameView-oliolta pistemäärä ja lähettää uusi aie, jolla käynnistetään MainActivity-aktiviteetti ja annetaan ylimääräisenä tietona saatu pistemäärä.

Androidin Activity-luokka ei tarjoa suoraa julkista metodia, jolla voitaisiin kysyä, minkä aikeen aktiviteetti on lähettänyt. Tällaisia tapauksia varten Robolectric tarjoaa varjo-olioita, jotka kopioivat oikean android-luokan tilan ja tarjoaa laajemman apin näiden olioiden tilaan. Tätä varten testissä tehdään varjo-olio testattavasta aktiviteetista ja varjo-oliolta voidaan kysyä getNextStartedActivity()-metodilla, mikä on seuraava käynnistettävä aktiviteetti. Tältä aikeelta voidaan sitten tarkistaa, että aktiviteetti lähetti aikeen MainActivity-aktiviteetin käynnistämiseksi ja ylimääräisenä tietona on pisteet, tässä tapauksessa 0.0, koska kello ei ole ollut testissä käytössä.

Listauksessa 5 on toteutettu vastaava testi AndroidUnitTestCase:n avulla. Alustus tehdään testissä kuten Robolectric-testissäkin, mutta toiminnan varmistus on yksinkertaisempaa kuin Robolectricillä, koska AndroidUnitTestCase tarjoaa getStartedActivityIntent()-metodin, jolla saadaan aktiviteetin viimeisin lähettämä aie palautettua samalla tavalla kuin Robolectricin varjo-oliolta kysyttiin edellisessä listauksessa. Tämän jälkeen testin läpikäynnin varmistus tapahtuu täsmälleen samalla tavalla kuin Robolectric-testissä.

Listing 5: ActivityUnitTestCase intents

```

public void testMainActivityIsCalledAfterLostGame() {
    GameView gameView = (GameView) activity.findViewById(R.id.gameview);
    gameView.setState(GameState.LOST);

    Intent startedIntent = getStartedActivityIntent();
    assertEquals(startedIntent.getComponent().getClassName(),
                  MainActivity.class.getName());
    assertEquals(startedIntent.getStringExtra(GameActivity.SCORE),
                  "0.0");
}

```

5.6 Toiminta mock-kehysten kanssa

Yksikkötestausta pyritään useimmiten tekemään niin, että testiluokka on eristetty riippuvuuksistaan. Apuvälineenä eristämisessä käytetään usein mock-kehysiä. Näissä testeissä mock-kehystenä käytetään Mockitoa, koska se toimii myös Androidissa sellaisenaan [moc].

Luvussa 5.5 esitetyt yksikkötestit ovat riippuvaisia GameView-luokan toteutuksesta. Assertit voivat mennä väärin, jos GameView-luokan setState()-metodi ei muutakaan onnistuneesti tilaa. Tällöin kyse on kuitenkin GameView-luokan, eikä GameActivity-luokan toiminnasta. GameActivityn osalta testissä ollaan oikeastaan vain kiinnostuneita siitä, että aktiviteetin käynnistyessä pelin tilaa yritetään muuttaa RUNNING-tilaan.

Aktiviteetti on testissä eristettävä GameView:stä niin, että oikean näkymän sijaan se saa käyttöönsä mock-version näkymästä. Aktiviteetti käyttää findViewById()-metodia näkymän lataamiseen, koska se on alustettu layout-tiedostossa. Jotta tähän metodikutsuun pääsee väliin, täytyi aktiviteetille tehdä testiä varten aliluokka MockGameActivity, joka on esitetty listauksessa 6. Aliluokka toteuttaa findViewById()-metodista version, joka palauttaa aina sille parametrina annetun näkymän, joka voi olla esimerkiksi mock-näkymä.

Tämän voisi robolectricillä tehdä vaihtoehtoisesti siten, että toteuttaa oman Shadow-luokan Activity-luokasta, joka on kaikkien aktiviteettien yliluokka. Toteutuksen voi tehdä siten, että käyttää Robolectricin oletustoteutusta kaikkeen muuhun pait-

Listing 6: Mock Subclass

```

private class MockGameActivity extends GameActivity {

    private GameView gameView;

    public MockGameActivity(GameView gameView) {
        this.gameView = gameView;
    }

    @Override
    public View findViewById(int id) {
        return gameView;
    }
}

```

si findViewById()-metodin toteutukseen [roba]. Mock-näkymän injektointia varten tälle voisi tehdä myös oman set-metodin, jolla mock-näkymä sijoitettaisiin palauttavaksi. Yllä esitetty testattavan luokan aliluokka on kuitenkin helpompi tapa toteuttaa sama asia, koska robolectricille ei tarvitse erikseen sanoa, että käyttää shadow-luokkana omaa toteutusta. Lisäksi on helpompi vaihdella, käytetäänkö testeissä omaa aliluokkaa, vai varsinaista testattavaa luokkaa. (tarkista vielä, että kuvattu tapa toimii käytännössäkin..)

Listauksessa 7 on esitetty edellisen listauksen aliluokkaa käyttävä roboelectric-testi. Ensimmäisellä rivillä luodaan Mockiton mock-olio GameView-luokasta. Toisella ri-

Listing 7: Mock-testi roboelectricillä

```

@Test
public void testCreatedActivityInitializesGameWithRunningStateWithMock() {
    GameView gameView = mock(GameView.class);
    activity = new MockGameActivity(gameView);
    activity.onCreate(null);
    verify(gameView).setState(GameState.RUNNING);
}

```


Listing 8: Mock-testi androidunittestillä

```

@Test
public void testCreatedActivityInitializesGameWithRunningStateWithMock (
    GameView gameView = mock (GameView.class);
    MockGameActivity.setView (gameView);
    startActivity (new Intent (getInstrumentation ().getTargetContext (
        verify (gameView).setState (GameState.RUNNING);
    }

```

villä luodaan testattavan aktiviteetin aliluokka, jolle syötetään mock-näkymä konstruktoriparametrina. Sitten kutsutaan onCreate-metodia, kuten listauksen 2 vastaavassa testissä. Assertin sijaan testin läpäisy testataan Mockiton verify-metodilla, joka varmistaa, että parametrina annettua mock-olion annettua metodia kutsuttiin annetulla parametrilla.

AndroidUnitTestin avulla tehty vastaava testi listauksessa 8 on mock-näkymän luomisen ja testin läpäisyn varmistamisen kannalta täsmälleen samanlainen kuin roboelectric-testi. Testissä käytetään apuna vastaavaa aliluokkaa kuin Robolectric-testissäkin ja aktiviteetin käynnistys tapahtuu samoin kuin listauksen 3 testissä.

5.7 TDD-syklin nopeus

Robolectricin vahvuudeksi mainitaan toistuvasti sen testien ajonopeus. Testien ajonopeudella on merkitystä kahdesta syystä: ensinnäkin laajojen projektien tapauksessa testitapauksia voi olla hyvin paljon ja kaikkien testien ajo esimerkiksi ci-palvelimella (onko relevanttia mobiilissa, oisko parempia esimerkkejä?) voi kestää hyvin pitkään, mikä saattaa hidastaa koodin jakamista tai koodausprosessia, kun muutosten varmistus kestää pitkään.

Toinen, ehkä olennaisempi, tekijä on se, että yksikkötestausta tehdään nykyään usein Test Driven Development -prosessin mukaisesti siten, että ensin tehdään testi, joka testaa vielä olematonta koodia ja tämän jälkeen koodia muutetaan niin, että testi saadaan menemään läpi. Tällöin testejä ajetaan jatkuvasti ja ohjelmointiprosessi pysähtyy aina, kun odotetaan testien ajautumista ennen kuin päästään jatkamaan TDD-sykliä seuraavaan vaiheeseen. (Lähde TDD:lle, jne) Jos testien, edes yksittäisen testiluokan, ajaminen on kovin hidasta, tämä tekee TDD-tyylisestä oh-

jelmistokehityksestä liian hidasta, jotta se olisi käytännöllistä.

	Keskiarvo (s)	Max (s)	Min (s)
Robolectric	1,59	1,61	1,577
AndroidUnitTest	44,10	44,271	43,868

Taulukko 4: Testikestot

Testasin ensin isomman testisetin ajonopeutta. Kopioin aiemmin luvussa esitellyn testiluokan mock-testin kanssa 32 erilliseksi testiluokaksi niin, että testimetodeita kertyi yhteensä 128. Ajoin kaikki testit yhtenä sarjana ja annoin Eclipsen ottaa aikaa testien suorituksesta. Tähän aikaan ei sisälly sitä aikaa, joka kuluu JUnitin käynnistymiseen. (Tämä aika on pitempi AUT:lle, mittaa). Toistin testit viisi kertaa ja testikestojen keskiarvo, maksimi ja minimi on esitetty taulukossa 4. Testit ajoin Macbook Pro:lla OS X versiolla 10.7.5, joka oli varustettu 2.7Ghz Intel core i7 -tuplaydinprosessorilla ja 8 gigatavun muistilla.

Robolectricin testit kestivät keskimäärin 1,59 sekuntia, AndroidUnitTestilla 44,10 sekuntia. Testien ajaminen emulaattorissa oli siis noin 27 kertaa hitaampaa kuin Robolectricilla JVM:llä. Koska testattava sovellus ja itse testit ovat hyvin yksinkertaisia, on aikaero todennäköisesti vielä suurempi reaaliaikailman tapauksessa. Robolectricin lupaus nopeammista yksikkötesteistä vaikuttaa siis toteutuvan.

Testisarjan lisäksi tutkin yksittäisten testien kestoja. Erityisen kauan emulaattorissa ajetuista testeistä kesti ensimmäisen testiluokan mock-testi. Sen ajo kesti jokaisella ajokerralla yli 12 sekuntia, eli yli 25% koko testisarjan kestosta. Tämä johtunee siitä, että Mockito muokkaa ohjelman tavukoodia toimintaansa varten ja sen ensimmäinen alustus on hyvin hidas. Sama hitaus oli havaittavissa myös Robolectric-testeissä: ensimmäinen mock-testi kesti noin 0.3 sekuntia, mikä on noin 19% koko Robolectric-testisarjasta. Suhteellinen hidastuminen on siis verrattavissa AndroidUnitTestillä ajettuihin testeihin.

Robolectricillä myös kaikkein ensimmäinen testi on hyvin hidas, noin 0.5 sekuntia. Robolectric toimii Mockitoon tavoin tavukooditasolla ja instrumentoi jotain roskaa.. katso lähteistä.

Nämä seikat eivät kuitenkaan muuta kokonaiskuvaa siitä, että testien ajaminen on todella paljon nopeampaa Robolectricillä kuin AndroidUnitTestillä.

Toiseksi testasin, kuinka kauan kestää testikehyksen alustus siihen pisteeseen, että ensimmäinen testi lähtee ajautumaan koodimuutoksen jälkeen. Tämä tarkoittaa

	Ensimmäisen testin alkuun (s)	Koko testisarjan loppuun
Robolectric	2.7	4.3
AndroidUnitTest	36	80

Taulukko 5: Testisarjan kesto alustus mukaanlukien

Android-tapauksessa sovelluksen asentamista emulaattoriin ja testikehyksen alustusta. Tulokset on esitetty taulukossa 5. Alustajat olivat merkittäviä. Robolectricillä testikehyksen alustus kestää jopa kauemmin kuin koko 128 testin sarjan ajo ja AndroidUnitTestilläkin lähes yhtä kauan.

Aika ensimmäiseen testitulokseen on merkittävä ohjelmoidessa Test Driven Development (tdd) -filosofian mukaan. Tdd:ssä on kaksi merkittävää periaatetta: ohjelmakoodia saa kirjoittaa vain automaattisen testin korjaamiseksi ja duplikaattikoodin poistamiseksi. Näistä periaatteista seuraa tunnettu tdd-sykli: punainen, vihreä, refaktori. Ensin kirjoitetaan testi, joka ei mene läpi, koska testin toteuttavaa ohjelmakoodia ei ole vielä olemassa. Vaiheen nimi on punainen, koska useimmilla yksikkötestityökaluilla lopputuloksena näkyy punainen palkki, jos jokin testi ei mene läpi. Toinen vaihe on kirjoittaa juuri sen verran koodia, mitä tarvitaan testin läpäisemiseksi. Tässä vaiheessa ei välitetä miten rumaa koodi on. Vaiheen nimi on vihreä, koska useimmilla yksikkötestityökaluilla lopputuloksena näkyy vihreä palkki, kun testit menevät läpi. Viimeisessä vaiheessa refaktoroidaan toisessa vaiheessa mahdollisesti syntynyt duplikaattikoodi. Refaktorointivaiheessa kirjoitetut testit auttavat varmistamaan, ettei refaktoroidessa hajoiteta vanhaa toiminnallisuutta. Jotta tällainen ohjelmointisykli on mahdollinen, yksi vaatimus on, että ohjelmointiympäristö tarjoaa nopean palautteen testeistä [Bec03].

5.8 Mitä jäi kokeilematta, puuttuvia featureja?

Onko tällaisia? Entä muiden kuin aktiviteettien testaus robolectricilla. Mitä muuta on vielä käsittelemättä?

5.9 Analyysi

Ohjelmakoodin yksikkötestaus onnistui hyvin sekä androidin mukana tulevilla yksikkötestikehyksellä, että Robolectricillä. Itse testikoodi ei poikennut kovin merkittävästi toisistaan eri kehyksille kirjoitetulla koodilla ja testien kirjoitukseen ei

tarvinnut kovin paljoa Android-specifiä osaamista. Robolectric-koodi oli jopa yksinkertaisempaa testattavien komponenttien alustuksen ostalta, koska konstrukto-reja saattoi käyttää suoraan ylikuokan tarjoamien alustusmetodien sijaan. Toisaalta joskus oli vaikea tietää, mitä metodeita eri luokkien valmiit shadow-toteutukset tarjoavat. Näissä tapauksissa AndroidUnitTestCase:n ylikuokkametodit olivat käytössä selkeämpiä. Toisaalta Robolectric tarjoaa mahdollisuuden kirjoittaa itse omia shadow-luokkia, joissa voi toteuttaa stuboja Androidin kirjastoluokkien toiminnalle, kuten itse haluaa.

Mock-kehiksen käyttö onnistui ongelmitta sekä Robolectricillä että AndroidUnit-TestCasella. Mockito toimi suoraan yhdessä Robolectricin kanssa ja Android-emulaattorissa ajaminenkin vaati vain erillisen dalvik-käännöspaketin.

Suurin ero testityökalujen välillä oli testien suoritusnopeudella. Robolectric lupaa nopeita testejä ja toteuttaa lupauksensa; Robolectric-testit ajautuivat yli 20 kertaa nopeammin kuin emulaattorissa ajatut AndroidUnitTestit. Lisäksi AndroidUnitTestillä aika ensimmäiseen testitulokseen pienelläkin testiohjelmalla oli yli puoli minuuttia, joten tdd-filosofian mukainen ohjelmointi AndroidUnitTestCasea käyttäen on toivottoman hidasta.

6 Toiminnallinen testaus

Robotium, Troyd, Uiautomator ja ehkä myös monkeyrunner?

6.1 Robotium

Robotium ei tule Androidin sdk:n mukana, mutta se on paljon käytetty testityökalu Android-sovellusten testauksessa. Robotiumin slogan on, että se on kuin Selenium, mutta Androidille. Selenium taas on laajasti integraatio- ja funktionaalisessa testauksessa käytetty työkalu, joka mahdollistaa selaimen toimintojen automatisoimisen, kuten linkkien klikkauksen, lomakekenttien täyttämisen jne. [sel]

Robotium on tarkoitettu Android-sovellusten funktionaaliseen-, systeemi- ja hyväksyntätestaukseen. Se on black box -työkalu, eli testin kirjoittajan ei tarvitse päästä käsiksi tai tuntea testattavan sovelluksen koodia. Robotium-testit voivat testata samassa testitapauksessa useita aktiviteetteja. Robotium-testeissä annetaan ohjeita, missä järjestyksessä käyttöliittymäelementtejä klikataan tai syötetään tekstiä.

Robotiumtestejä voi ajaa niin emulaattorissa kuin puhelimessakin. Testit eivät kuitenkaan voi käsitellä kahta eri sovellusta, eli yksi testitapaus voi käsitellä vain yhtä sovellusta. Tällöin sovellustenvälinen integraatiotestaus ei ole mahdollista.

Robotiumin sivuilla sille esitellään useita vahvuuksia Android SDK:n mukana tuleviin työkaluihin verrattuna. Testit vaativat vain vähäistä tuntemusta testattavasta sovelluksesta, Robotium tukee usean aktiviteetin testaamisesta samassa testissä, testien kirjoittamisen nopeus, testikoodin selkeys ja sitkeys, joka johtuu ajoaikaisesta sidonnasta käyttöliittymäkomponentteihin, nopea suoritusnopeus ja helppo integrointi jatkuvan integroinnin työkaluihin Antin tai Mavenin avulla. (pitäisikö ant/maven esitellä jossain?) [robb]

6.2 Troyd

Troyd on Robotiumia käyttäen tehty integraatiotestaustyökalu, jonka tavoite on yhdistää Monkeyn skriptausominaisuudet ja Robotiumin tarjoama korkean tason API. Troyd-testit käyttävät korkean tason komentoja, kuten paina nappia nimeltä x, tarkoista, että ruudulla näkyy teksti y, jne, joten testien kirjoituksen pitäisi olla nopeaa. Lisäksi Troyd tarjoaa nauhoitus-toiminnon, jolla testiä voidaan kirjoittaa siten, että testiä kirjoittaessa ohjelma etenee aina seuraavaan tilaan testin mukaisesti. Lopuksi

testi tallentuu testitapauksiksi. [JF12]

Troyd-testejä kirjoitetaan Rubylla käyttäen Rubyn `Test::Unit`-työkalua, joka on Rubyn standardi yksikkötestityökalu. [tes] Troydin komennot sisältävä `TroydCommands`-moduli sisällytetään testiluokkaan käyttämällä Rubyn mixin-toiminnallisuutta. Testitapauksia voi kirjoittaa kuten tavallisia `test::unit`-testejä tai sitten voi käyttää rekriptin nauhoitusmahdollisuutta.

Troydin heikkouksia on Jeonin ja Fosterin mielestä mahdollisuus testata vain yhtä sovellusta kerrallaan. Esimerkiksi, jos sovellus aukaisee selainikkunan, Troyd menettää sovelluksen kontrollin. Tämä johtuu Androidin testi-instrumentaation rajoituksista. Toinen Troydin heikkous on hidas suoritusnopeus, koska testiskripti odottaa jokaisen komennon jälkeen, että sovellus on oikeassa tilassa ennen testin jatkamista. [JF12]

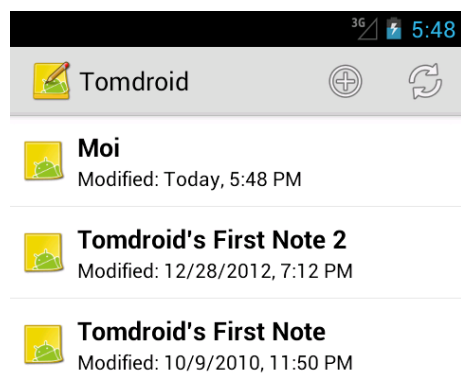
Troydin lähdekoodi on avoin ja se löytyy Githubista [tro].

6.3 Aiempaa tutkimusta

Jeon & Foster mainitsevat Robotiumin vahvuudeksi Androidin omaa Instrumentatiota rikkaamman API:n. Esimerkiksi nappien painamiseen voidaan käyttää nappien nimeä, josta Robotium laskee napin sijainnin. He myös vertaavat Robotiumia omaan Troyd-työkaluunsa ja sanovat sen heikkoudeksi, että testit pitää määritellä etukäteen, eikä niitä pysty muokkaamaan ajonaikaisesti. Muulta toiminnallisuudeltaan Troyd ja Robotium ovat suunnilleen samankaltaisia, koska Troyd on tehty Robotiumin päälle [JF12].

Benli et al. tutkivat valkoinen laatikko ja musta laatikko -testaustapojen suhteellista tehokkuutta Android-alustalla. Musta laatikko -testeissä tutkimuksessa käytettiin Robotiumia, koska Androidin mukana tulevat testaustyökalut eivät mahdollistaneet järkevää JUnit-pohjaista musta laatikko -testausta. Valkoinen laatikko -testit tehtiin Androidin yksikkötestityökaluilla. Tuloksena oli, että valkoinen laatikko -testien kirjoittaminen kesti 89% kauemmin, mutta testien ajaminen oli 43% nopeampaa kuin musta laatikko -testien. Testiohjelman istutetut bugit löytyivät valkoinen laatikko -testeillä, mutta ei Robotium-testeillä. Testiajojen nopeuteen liittyen on huomattava, että robotium-testit ajettiin visuaalisessa moodissa niin, että jokaisen komennon välissä oli yksi sekunti, jotta käyttöliittymän tila ehdittiin havaita manuaalisesti [BHH⁺12].

6.4 Testiprojektista



Kuva 10: Muistikirjalista Tomdroidissa

Testityökalujen vertailussa käytän testattavana ohjelmana Tomdroidia. Tomdroid on GPL-lisenssillä julkaistu avoimen lähdekoodin sovellus, joka toimii muistikirjasovelluksena, joka synkronisoi sisältönsä automaattisesti. [tomb] Tomdroid on valittu testattavaksi sovellukseksi, koska sen lähdekoodi on saatavilla, se on riittävän monimutkainen, jotta sille tehdyt testit kuvaisivat oikeassa android-kehityksessä kohdattavia testaushaasteita, se on vasta beta-vaiheessa, joten sovelluksesta pitäisi löytyä myös bugeja ja lisäksi sovelluksen oma testaus on lähes olematonta.

Tätä tutkimusta varten tein kopion tomdroidin lähdekoodista versiosta 0.7.2 ja kopioin sen githubiin. Sieltä löytyy myös kaikki tässä tutkimuksessa sovellukselle tehdyt testit. [toma]

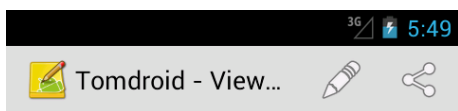
Tomdroidissa olennaisimmat näkymät ovat muistikirjalista, josta on ruutukaappaus kuvassa 10, yksittäisen muistikirjan selaaminen (kuvassa 11) ja sen editointi (kuvassa 12).

Listanäkymässä näkyvät kaikki käyttäjän muistikirjat päivitysjärjestyksessä. Muistikirjan koskeminen avaa kyseisen muistikirjan selausnäytön. Ylä-

palkin +-symboli luo uuden muistikirjan ja avaa sen editointinäkymään. Yläpalkin oikeassa reunassa on synkronointi-symboli, josta muistikirjojen tila päivitetään palvelimen kanssa.

Selausnäkyssä voi lukea yksittäistä muistikirjaa. Jos tekstiä on enemmän kuin ruudulle mahtuu kerrallaan, sitä voi selata raahaamalla. Kynä-ikoni yläpalkissa avaa muistikirjan editointinäkymään. Yläpalkin oikean reunan ikonista voi jakaa muistikirjan toisiin sovelluksiin. Lisäksi vasemman yläreunan ikonista pääsee takaisin listaan.

Editointinäkyssä yläpalkissa on kuvakkeet muutosten tallentamista ja perumista varten. Tallennettaessa ruudulla näkyy hetken aikaa leijuke, jossa kerrotaan muutosten tallennuksesta. Painettaessa peru-nappia ruudulle tulee dialogi, jossa pitää vahvistaa peruminen edelliseen tallennettuun versioon. Lisäksi vasemman yläreunan ikonista pääsee takaisin listaan.



[Moi](#)

Heippa

Kuva 11: Muistikirjan luku Tomdroidissa

Listing 9: Robotium testirunko

```

public class RobotiumTest
    extends ActivityInstrumentationTestCase2<Tomdroid> {

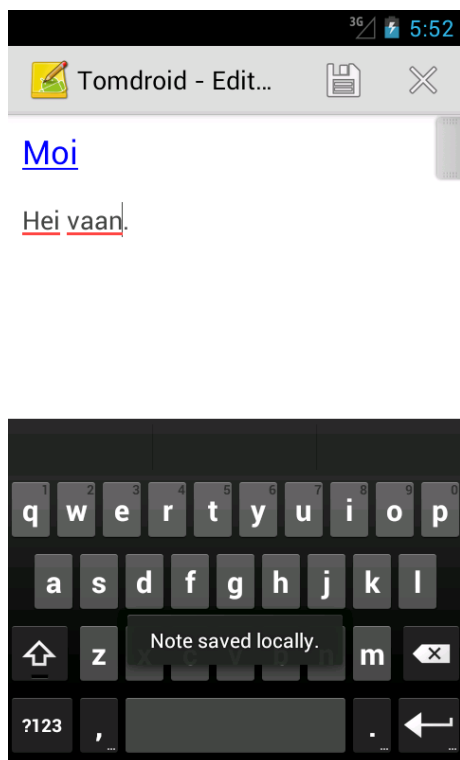
    private Solo solo;

    public RobotiumTest() {
        super(Tomdroid.class);
    }

    @Override
    public void setUp() {
        solo = new Solo(getInstrumentation(),
                        getActivity());
    }

    @Override
    public void tearDown() throws Exception {
        solo.finishOpenedActivities();
    }
}

```



Kuva 12: Muistikirjan editointi Tomdroidissa

Listing 10: Muistikirjojen poisto

```
private void removeAllNotes() {
    NoteManager.deleteAllNotes(getActivity());
}
```

6.5 Asennukset

Robotiumin asennus on yksinkertaista. Projektin build pathiin tarvitsee vain lisätä robotiumin jar-paketti, jossa tulee kaikki tarvittava mukana. Itse robotium-testit perivät Androidin omasta `ActivityInstrumentationTestCase2`-yliluokasta. Listauksessa 9 on esitetty Robotium-testin runko ilman varsinaisia testejä. `setUp()`-metodissa alustetaan Solo, joka on Robotiumin testit suorittava olio. Se ottaa konstruktori-parametreina `ActivityInstrumentationTestCase2`:n tarjoaman instrumentaation ja testattavan aktiviteetin. `tearDown()`-metodissa kutsutaan `finishOpenedActivities()`-metodia, joka lopettaa kaikki testin aikana aktiivisena olleet aktiviteetit.

Robotium-testeissä on huomattava, että jos sovellus muuttaa muistikortille tai muualle tallennettua tilaansa, on testeissä manuaalisesti pidettävä huolta, että sovellus

Listing 11: Troyd-nauhoituskriptin ja testien ajaminen

```
ruby bin/rec.rb apks/org.tomdroid.apk
ruby bin/trun.rb
```

Listing 12: Uiautomator-testien ajaminen

```
#!/bin/sh
ant build
adb push bin/TomdroidUiAutomatorTest.jar /data/local/tmp/
adb shell uiautomator runtest TomdroidUiAutomatorTest.jar
      -c org.tomdroid.test.UiAutomatorTest
```

resetoidaan takaisin alkuperäiseen tilaan, jotta testejä voi toistaa useita kertoja luotettavasti. Tomdroidin tapauksessa tämä tehtäisiin kutsumalla `tearDown()`:ssa apumetodia `removeAllNotes()`, joka kutsuu Tomdroidin `NoteManagerin deleteAllNotes()`-metodia, joka poistaa kaikki sovelluksen tallentamat muistikirjat.

Troyd vaatii toimiakseen Rubyn version 1.8.7 sekä nokogiri-xml-kirjaston. Lisäksi se tukee vain Androidin versiota 2.3.6, joten uudemman Android-version vaativien sovellusten testaaminen ei ole sillä mahdollista. Troydin asennus kesti huomattavasti Robotiumin asennusta kauemmin, vaikka koneellani oli valmiiksi asennettuna Rubyn versionhallintatyökalu `rvm` [rvm], jolla oikean ruby-version asennus onnistuu yhdellä komennolla. Rubyn versio 1.8.7 on myös varsin vanha rubyn versio (julkaistu kesällä 2008 [rub]), joten joissain järjestelmissä näin vanhan version asennus voi olla haasteellista. Asennusten jälkeen Troydin testin kirjoittaminen onnistui kuitenkin nopeasti nauhoitus-skriptin avulla, joka hoiti kaiken muun kuin itse testikoodin kirjoittamisen. Nauhoitus ja ajoskriptit listauksessa 11. `rec.rb` on nauhoituskripti, jolla testit kirjoitetaan ja `trun.rb` ajoskripti, joka ajaa oletuksena kaikki testcases-hakemistosta löytyvät testit. Testit voivat olla myös eri sovelluksille, jolloin Troyd asentaa kunkin testattavan sovelluksen erikseen.

Ui Automator vaatii vähintään androidin api-version 16, jonka mukana tulee `uiautomator.jar`-paketti, joka täytyy asettaa testiprojektin riippuvuuksiin `android.jar:n` ja `junit3:n` ohella. Lisäksi testien ajaminen vaatii tietokoneessa kiinni olevan android-laitteen, johon testattava sovellus (tai sovellukset) on asennettuna. Testien kääntäminen ja ajaminen on esitetty listauksessa 12. Testit käännetään Apache Antilla [ant], joka

Listing 13: Muistikirjan luontitesti robotiumilla

```

public void testCreateNoteAddsNote() {
    solo.assertCurrentActivity("Testi_alkoi_v      r      st      _aktiviteet
    assertFalse(solo.searchText("new_note"));
    solo.clickOnActionBarItem(R.id.menuNew);
    solo.assertCurrentActivity("Uuden_muistikirjan_luonti_ei_avannu
    solo.enterText(0, "new_note");
    solo.clickOnActionBarItem(R.id.edit_note_save);
    solo.clickOnActionBarHomeButton();
    solo.assertCurrentActivity("Koti-n pp imen_painaminen_ei_vien
    assertTrue(solo.searchText("new_note"));
}

```

on avoin käännöstyökalu Java-sovellusten kääntämiseen. Toisella rivillä käytetään androidin mukana tulevaa adb-työkalua (Android debug bridge) käännetyin testisovelluksen siirtämiseen puhelimeen ja kolmannella rivillä ajetaan testisovelluksesta luokka `org.tomdroid.test.UiAutomatorTest`.

6.6 Robotium-testit

Robotium-testi, jossa testataan uuden muistikirjan luonti, on esitetty listauksessa 13. Robotiumilla testiä ohjataan Solo-luokan instanssin kautta, jossa on sovelluksen kanssa kommunikointiin tarkoitettuja metodeja, sovelluksen tilasta kertovia metodeja, sekä assertteja. Testin ensimmäisellä rivillä käytetään `assertCurrentActivity()`-metodia asserttia varmistamaan, että testi alkaa muistikirjalistasta. Toisella rivillä varmistetaan, että testissä luotavaa muistikirjaa ei vielä löydy listasta. Ilman tätä testissä ei voisi olla varma, että muistikirja on luotu onnistuneesti juuri testin aikana. Seuraavalla rivillä painetaan yläpalkin uuden muistikirjan luovaa nappia `clickOnActionBarItem()`-metodilla. Se ottaa parametrina komponentin id:n, johon ollaan painamassa. Tämän jälkeen pitäisi avautua uusi muistikirja editointinäky- mään, mikä varmistetaan seuraavalla rivillä. Sitten syötetään `enterText()`-metodilla uuden muistikirjan otsikoksi `new note`: Ensimmäinen parametri kertoo, monenteenko ruudulla näkyvään tekstinmuokkauskomponenttiin teksti syötetään. Tämän jälkeen klikataan yläpalkin tallennus-nappia ja sitten muistikirjalistaukseen vievää nappia. Lopuksi vielä varmistetaan, että palattiin takaisin muistikirjalistaan ja listasta löy-

Listing 14: Muistikirjan luontitesti Troydilla

```
def test_”create_note_adds_note”
  click ”OK”
  assert_not_text ”new_note”
  clickImg 1
  edit 0, ”new_note”
  clickImg 1
  clickImg 0
  assert_text ”new_note”
end
```

Listing 15: Testin tallennus nauhoitusskriptistä Troydilla

```
sofar ”create_note_adds_note”
finish
```

tyy nyt juuri luotu aktiviteetti.

6.7 Troyd-testit

Troyd-testi, jossa luodaan muistikirja, on esitetty listauksessa 14. TROYD-testit asentavat aina ensimmäisenä uuteen emulaattoriin koko sovelluksen, joten robotium-testissä tarvittuja vanhojen muistikirjojen poistoa ei tarvita. Tein testin Troydin nauhoitusskriptin avulla, joten itse testi on automaattisesti kirjoitettu tämän pohjalta. Testitiedosto sisältää testimetodin lisäksi metodit sovelluksen alustamiselle ja lopettamiselle sekä testeissä käytetyt ruby-metodit, mutta nämä kaikki TROYD tuotti automaattisesti nauhoitusskriptin avulla. Itse testimetodin sisältö on sama kuin testiskriptissä kirjoittamani komennot. Lisäksi näin sovelluksen testiä vastaavassa tilassa emulaattorissa testiä kirjoittaessa, mikä helpotti testin kirjoittamista. Listauksessa on lisäksi huomautettava, että Rubyssa metodien sulut ovat vapaaehtoiset, mikäli sekaantumisen vaaraa ei ole, siksi testissä metodien parametrit eivät ole sulkujen sisällä. Kun nauhoitusskriptissä on saanut haluamansa testitapauksen valmiiksi, se tallennetaan sofar-metodilla, jonka parametrina on testin nimi, kuten on tehty listauksessa 15. Finish-komento lopettaa nauhoitusskriptin.

Testin ensimmäisellä rivillä painetaan OK-nappia, koska sovellus näyttää ensimmäisellä käynnistyskerralla ohje-tekstin. Troydilla ei voi varmistaa, missä aktiviteetissa ollaan, kuten Robotium-testissä tehtiin, joskin listan tähän mennessä vierailluista aktiviteeteista saisi getActivities-metodilla. Troyd ei myöskään tue Robotium-testissä käytettyä R-olion id:n perusteella elementtien etsimistä, vaan elementit etsitään indeksin perusteella järjestyksessä ruudulta. Sen takia testi luettuna ei ole aivan yhtä selkeä, kuin robotium-testit. Tässä testissä ensimmäinen clickImg painaa uuden muistikirjan luovaa nappia, toinen clickImg tallennus-nappia ja kolmas clickImg palaa takaisin listaukseen -nappia.

Testien kirjoittaminen sujui Troydilla nopeasti, mutta toisaalta osaan Rubya suunnilleen yhtä hyvin kuin Javaakin, joten erilainen syntaksi ei häirinnyt kirjoitusta. Nauhoitusskripti on kuitenkin vielä hieman raakile, esimerkiksi ruudulta löytymättömän indeksin klikkaaminen kaatoi sovelluksen ja pakotti aloittamaan nauhoituksen alusta.

6.8 UiAutomator-testit

Listauksessa 16 on esitetty Ui automator -testi, jossa luodaan uusi muistikirja. Testi perii yliluokan UiAutomatorTestCase. Testeissä ajetaan JUnit3-tyylin mukaisesti test-alkuiset metodit. Testimetodi heittää UiObjectNotFoundExceptionin, jos yritetään tehdä interaktiota komponentin kanssa, jota ei lyödetty selectorilla. Testissä käytetään pääosin kahta UiAutomatorin mekaniikkaa. UiSelectorin eri metodeilla etsitään käyttöliittymäelementtejä, joiden avulla konstruoidaan UiObject-olioita, joiden kanssa sitten kommunikoidaan tai kysytään niiden tilaa.

Testissä käytetään kolmea eri UiSelectorin hakumetodia: text()-metodi hakee käyttöliittymäelementtiä, johon liittyy parametrina annettu näkyvä teksti, description()-metodi käyttää hakemiseen elementille liitettyä selitettä, esimerkiksi resurssi-tiedoston kautta annettua. className()-metodi etsii kaikki elementit, jotka ovat annetun luokan ilmentymiä, ja palauttaa niistä ensimmäisen.

UiObjectin metodeista testeissä käytetään seuraavia: clickAndWaitForNewWindow() painaa käyttöliittymäelementtiä ja odottaa seuraavan aktiviteetin latautumista, exists() palauttaa true, jos elementti löytyy ruudulta, setText()-kirjoittaa elementtiin parametrina annetun tekstin. click()-metodi painaa elementtiä, mutta ei jää odottamaan uutta aktiviteettia.

Ui automator -testit alkavat siitä tilasta, missä puhelin on testin käynnistyessä,

Listing 16: Muistikirjan luontitesti Ui Automatorilla

```

public class UiAutomatorTest extends UiAutomatorTestCase {
    public void testCreateNoteAddsNote()
        throws UiObjectNotFoundException {
        getUiDevice().pressHome();
        UiSelector selector = new UiSelector().text("Tomdroid")
        UiObject targetApp = new UiObject(selector);
        targetApp.clickAndWaitForNewWindow();
        selector = new UiSelector().text("new_note")
        UiObject newNoteText = new UiObject(selector);
        assertFalse(newNoteText.exists());
        selector = new UiSelector().description("New")
        UiObject newNoteButton = new UiObject(selector);
        newNoteButton.clickAndWaitForNewWindow();
        selector = new UiSelector().className("android.widget.EditText")
        UiObject titleEditText = new UiObject(selector);
        titleEditText.setText("new_note");
        selector = new UiSelector().description("Save")
        UiObject saveButton = new UiObject(selector);
        saveButton.click();
        selector = new UiSelector().description("Siirry_etusivulle")
        UiObject homeButton = new UiObject(selector);
        homeButton.clickAndWaitForNewWindow();
        selector = new UiSelector().text("new_note")
        newNoteText = new UiObject(selector);
        assertTrue(newNoteText.exists());
        removeCreatedNote(newNoteText);
    }
}

```

Listing 17: Luodun muistikirjan poisto ui automatorilla

```

private void removeCreatedNote(UiObject noteText)
    throws UiObjectNotFoundException {
    noteText.clickAndWaitForNewWindow();
    UiSelector selector = new UiSelector().description("Lisäasetuksia");
    UiObject moreOptionsButton = new UiObject(selector);
    moreOptionsButton.click();
    selector = new UiSelector().text("Delete");
    UiObject deleteButton = new UiObject(selector);
    deleteButton.click();
    selector = new UiSelector().text("Yes");
    UiObject confirmButton = new UiObject(selector);
    confirmButton.clickAndWaitForNewWindow();
}

```

joten on hyvä tapa aloittaa kaikki testit painamalla kotinäppäintä, jolla puhelin palautuu aloitusruutuun. Testissä oletin, että Tomdroid löytyy aloitusnäytöltä, joten seuraavaksi testissä etsitään ruudulta elementtiä, johon liittyy Tomdroid-teksti, eli sovelluksen käynnistysikoni. Yleisempi ratkaisu olisi avata lista kaikista sovelluksista ja etsiä testisovellus sitä kautta.

Kun sovellus on avattu, testi etenee kuten Robotium-testissäkin. Ensin varmistetaan, että `new` note-nimistä muistikirjaa ei löydy valmiiksi listalta, sitten painetaan uusi muistikirja -nappia. Seuraavaksi etsitään ensimmäinen EditText-elementti ruudulta, ja syötetään siihen muistikirjan nimi. Sitten tallennetaan muistikirja, palataan muistikirjalistaan ja varmistetaan, että muistikirja tallentui.

Lopuksi testissä kutsutaan `removeCreatedNote()`-metodia, joka poistaa juuri luodun muistikirjan. Koska ui automator -testit eivät pääse käsiksi ohjelmakoodiin kuten robotium-testit, joudutaan tehdyt muutokset perumaan käyttöliittymän kautta. (Tsekkaa developer options -mahdollisuus estää pysyvät muutokset) Poistometodi saa parametrinaan valmiiksi viitteen luotuun muistikirjaan etusivulla, joten, sitä ei tarvitse hakea uudestaan.

`removeCreatedNote()`-metodi on esitetty listauksessa ??

6.9 Testien suoritusnopeudet

Ui automator: 15.980, 15.883, 16.320, 16.506, 16.240

Troyd: 2:22.776, 2m24.027s, 2m25.961s, 2m23.822s, 2m22.304s

	Keskiarvo (s)	Max (s)	Min (s)
Robotium	?	?	?
Troyd	?	?	?
UI Automator	16,186	16,506	15,883

Taulukko 6: Testikestot

Eri testityökalujen testien ajoajat on esitetty taulukossa 6. Ajoin kaikilla työkaluilla testisarjan viidesti ja mittasin testiaikojen keskiarvon ja hitaimman ja nopeimman testiajon.

Troyd-testit ajoin emulaattorissa trun.rb-skriptillä ja ajastin unixin time-työkalulla. Testiajoa hidastaa se, että joka ajokerralla emulaattori käynnistetään ja testattava sovellus asennetaan emulaattoriin. Toisaalta tästä syystä testien kirjoittaminen on helpompaa, koska sovellusta ei tarvitse palauttaa testejä edeltävään tilaan kuten Robotiumilla ja Ui automatorilla ajaessa. (Tsekkaa myös, olisiko nopeampaa (olisi) ajaa troyd-testit suoraan puhelimesta)

Ui Automator -testit ajoin listauksessa 12 esitetyllä shell-skriptillä ja ajoitin testit unixin time-työkalulla. Testiajon keston sisältyy testien kääntäminen, siirtäminen puhelimeen ja itse testiajo. Ui Automator -testin keston sisältyy myös luodun muistikirjan poisto käyttöliittymästä. Testeissä oletetaan, että sovellus on valmiiksi asennettuna koneeseen kytkettyyn puhelimeen.

6.10 Analyysi

Se.

7 Muita Android-testityökaluja

Näitä voisi ehkä jaotella jotenkin, listaan nyt vain lyhyesti niitä, mitä löydän.

7.1 TEMA

Mallipohjainen testaustyökalu mm. androidille [TKH11]

7.2 Fuzzing

Sovellusten turvallisuusominaisuuksien testaaminen on vaikeaa, koska testitapa poikkeaa tavanomaisesta. Yleensä testeillä halutaan varmistaa, että sovelluksessa on jokin ominaisuus kun taas turvallisuustestaus on negatiivista testaamista: halutaan varmistaa, että sovelluksessa ei ole turvallisuusaukkoja tai muita ei-haluttuja ominaisuuksia. Tällöin on mahdotonta kirjoittaa testitapauksia, koska ei voida mitenkään testata kaikkia mahdollisia sovelluksen suorituspolkuja.[MEK⁺12]

Mahmood et al. ovat kehittäneet älykkään fuzzing-työkalun

7.3 Käytettävyytestaus

Ma et al [MYC⁺11] ovat kehittäneet Android-työkalun, joka tallentaa käyttäjän interaktion sovelluksen kanssa myöhempää käytettävyyssanalyysiä varten.

7.4 Automatisoitua testausta

Hu ja Neamtiu [HN11] automatisoitu käyttöliittymän kautta tapahtuva testaus junit + monkey avulla.

8 Yhteenveto

Yhteenveto.

Lähteet

- AE12 Allevato, A. ja Edwards, S. H., Robolift: engaging cs2 students with testable, automatically evaluated android applications. *Proceedings of the 43rd ACM technical symposium on Computer Science Education*, 2012, sivut 547–552.
- AHH⁺04 Abrahamsson, P., Hanhineva, A., Hulkko, H., Ihme, T., Jäälinoja, J., Korkala, M., Koskela, J., Kyllönen, P. ja Salo, O., Mobile-d: An agile approach for mobile application development. *OOPSLA '04 Companion to the 19th annual ACM SIGPLAN conference on Object-oriented programming systems, languages, and applications*, 2004, sivut 174–175.
- anda *Android 4.1 Compatibility Definition*. URL http://static.googleusercontent.com/external/_content/untrusted/_dlcp/source.android.com/en//compatibility/4.1/android-4.1-cdd.pdf.
- andb Android developer documentation. URL <http://developer.android.com/>.
- andc Android platform versions. URL <http://developer.android.com/about/dashboards/index.html>.
- andd Android version history. URL http://en.wikipedia.org/wiki/Android/_version/_history.
- ant Apache ant. URL <http://ant.apache.org/>.
- Bec03 Beck, K., *Test-driven development: by example*. Addison-Wesley, 2003.
- BHH⁺12 Benli, S., Habash, A., Herrmann, A., Loftis, T. ja Simmonds, D., A comparative evaluation of unit testing techniques on a mobile platform. *Proceedings of the Ninth International Conference on Information Technology - New Generations*, 2012, sivut 263–268.
- HN11 Hu, C. ja Neamtiu, I., Automating gui testing for android applications. *Proceedings of the 6th International Workshop on Automation of Software Test*, 2011, sivut 77–83.

- HP11 Ham, H. K. ja Park, Y. B., Mobile application compatibility test system design for android fragmentation. Teoksessa *Software Engineering, Business Continuity, and Education*, Kim, T.-h., Adeli, H., Kim, H.-k., Kang, H.-j., Kim, K. J., Kiumi, A. ja Kang, B.-H., toimittajat, Springer, 2011, sivut 314–320.
- HSJ11 Hyungkeun, S., Seokmoon, R. ja Jin, H. K., An integrated test automation framework for testing on heterogeneous mobile platforms. *First ACIS International Symposium on Software and Network Engineering*, 2011, sivut 141–145.
- JF12 Jeon, J. ja Foster, J. S., Troyd: Integration testing for android. Tekninen raportti, University of Maryland, August 2012. URL <http://drum.lib.umd.edu/handle/1903/12880>.
- jun Junitin kotisivut. URL <http://www.junit.org/>.
- KM10 Kropp, M. ja Morales, P., Automated gui testing on the android platform. *Proceedings of the 22nd IFIP International Conference on Testing Software and Systems: Short Papers*, October 2010, sivut 67–72.
- mav Apache mavenin kotisivut. URL <http://maven.apache.org/>.
- MBS02 Michael, J. B., Bossuyt, B. J. ja Snyder, B. B., Metrics for measuring the effectiveness of software-testing tools. *Proceedings of the 13th International Symposium on Software Reliability Engineering*, 2002, sivut 117–128.
- MEK⁺12 Mahmood, R., Esfahani, N., Kacem, T., Mirzaei, N., Malek, S. ja Stavrou, A., A whitebox approach for automated security testing of android applications on the cloud. *7th International Workshop on Automation of Software Test (AST)*, June 2012, sivut 22–28.
- MFC01 Mackinnon, T., Freeman, S. ja Craig, P., Endo-testing: unit testing with mock objects. Teoksessa *Extreme Programming Examined*, Addison-Wesley, 2001, sivut 287–301.
- MMP⁺12 Mirzaei, N., Malek, S., Păsăreanu, C. S., Esfahani, N. ja Mahmood, R., Testing android apps through symbolic execution. *JPF Workshop*, 2012.

- mob Mobile-d-projektin kotisivut. URL <http://agile.vtt.fi/mobiled.html>.
- mock Mockiton kotisivut. URL <https://code.google.com/p/mockito/>.
- MYC⁺11 Ma, X., Yan, B., Chen, G., Zhang, C., Huang, K. ja Drury, J., A toolkit for usability testing of mobile applications. Teoksessa *Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering*, Zhang, J. Y., Wilkiewicz, J. ja Nahapetian, A., toimittajat, Springer, 2011, sivut 226–245.
- OM09 Ongtang, M. ja McDaniel, P., Understanding android security. *IEEE Security Privacy*.
- PS92 Poston, R. ja Sexton, M., Evaluating and selecting testing tools. *IEEE Software*.
- PY08 Pezzè, M. ja Young, M., *Software Testing And Analysis*. John Wiley Sons, 2008.
- roba Robolectricin kotisivut. URL <http://pivotal.github.com/robolectric/>.
- robb Robotiumin kotisivut. URL <http://code.google.com/p/robotium/>.
- rub Ruby 1.8.7 has been released. URL <http://www.ruby-lang.org/en/news/2008/05/31/ruby-1-8-7-has-been-released/>.
- rvm Rvm:n kotisivut. URL <https://rvm.io>.
- sam Robolectric-testiprojekti. URL <https://github.com/jmschultz/Eclipse-Robolectric-Example>.
- sel Seleniumin kotisivut. URL <http://seleniumhq.org/>.
- SLS09 Spillner, A., Linz, T. ja Schaefer, H., *Software Testing Foundations*. Rocky Nook, 2009.
- Spa10 Spataru, A. C., Agile development methods for mobile applications. Pro gradu, University of Edinburgh, 2010.

- S⁺11 Sadeh, B., Ørbekk, K., Eide, M. M., Gjerde, N. C., Tønnesland, T. A. ja Gopalakrishnan, S., Towards unit testing of user interface code for android mobile applications. Teoksessa *Software Engineering and Computer Systems*, Zain, J. M., Maseri, W., Mohd, W. ja El-Qawasmeh, E., toimittajat, Springer, 2011, sivut 163–175.
- tes Test::unitin kotisivut. URL <http://test-unit.rubyforge.org/>.
- TKH11 Takala, T., Katara, M. ja Harty, J., Experiences of system-level model-based gui testing of an android application. *IEEE Fourth International Conference on Software Testing, Verification and Validation (ICST)*, 2011, sivut 377–386.
- toma Tomdroidille tehdyt testit. URL <https://github.com/jniemisto/tomdroid>.
- tomb Tomdroidin kotisivut. URL <https://code.launchpad.net/tomdroid>.
- tro Troydin lähdekoodi. URL <https://github.com/plum-umd/troyd>.
- Was10 Wasserman, A. I., Software engineering issues for mobile application development. *Proceedings of the FSE/SDP workshop on Future of software engineering research*, 2010, sivut 397–400.
- wik Android (operating system). URL [http://en.wikipedia.org/wiki/Android_\(operating_system\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Android_(operating_system)).
- ZG11 Zechner, M. ja Green, R., *Beginning Android 4 Games Development*. 2011.