Scuola di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali
Corso di Laurea in Informatica

Tesi di Laurea

ESPRIMERE IN FACPL POLITICHE DI CONTROLLO DEGLI ACCESSI BASATE SUL COMPORTAMENTO PASSATO

EXPRESSING ACCESS CONTROL POLICIES BASED ON PAST BEHAVIOR IN FACPL

FEDERICO SCHIPANI

Relatore: *Rosario Pugliese*
Correlatore: *Andrea Margheri*

Anno Accademico 2014-2015

Federico Schipani: *Esprimere in FACPL politiche di controllo degli accessi basate sul comportamento passato,* Corso di Laurea in Informatica, © Anno Accademico 2014-2015

INDICE

ELENCO DELLE FIGURE

LISTA DI CODICI

Ezechiele 25:17. "Il cammino dell'uomo timorato è minacciato da ogni parte dalle iniquità degli esseri egoisti e dalla tirannia degli uomini malvagi. Benedetto sia colui che nel nome della carità e della buona volontà conduce i deboli attraverso la valle delle tenebre, perché egli è in verità il pastore di suo fratello e il ricercatore dei figli smarriti. E la mia giustizia calerà sopra di loro con grandissima vendetta e furiosissimo sdegno su coloro che si proveranno ad ammorbare e infine a distruggere i miei fratelli. E tu saprai che il mio nome è quello del Signore quando farò calare la mia vendetta sopra di te."
— Jules Winnfield [Voce di Luca Ward]

"Stay hungry, stay hungry"
— Paolo Bitta, l'uomo chiamato contratto

1

INTRODUZIONE

I sistemi informatici moderni sono sempre più interconnessi tra di loro, quindi impedire accessi indesiderati è diventato un argomento di studio molto rilevante negli ultimi decenni. A partire dal 1970 sono stati proposti molti sistemi di controllo agli accessi, ognuno con i suoi pro ed i suoi contro.

Usage Control è un nuovo approccio sul controllo degli accessi introdotto recentemente da Ravi Sandhu e Jaehong Park [14], due ricercatori dell'università di San Antonio in Texas. Questo metodo permette di ottenere decisioni durante l'accesso e di basarsi sul comportamento passato in fase di valutazione di una richiesta. Una tale caratteristica lo rende molto adatto ad ambienti come il Web, il Cloud o in generale legati in qualche modo alla rete.

L'obiettivo della tesi è estendere FACPL in modo tale da poter prendere decisioni di Usage Control. FACPL è un linguaggio basato su eXtensible Access Control Markup Language (XACML) ed è supportato da una libreria scritta in Java. Rispetto a XACML la sintassi di FACPL è molto più semplice e concisa, quindi permette di formalizzare in modo facile e rapido politiche di *Access Control*. Tuttavia, FACPL non gode di caratteristiche per eseguire richieste ed ottenere risposte valutando il comportamento passato. Questo è dovuto alla mancanza di un componente che permette di tenere traccia del comportamento precedente, che può essere assimilabile ad uno stato.

L'estensione di FACPL è stata divisa fondamentalmente in due parti. Nella prima parte del lavoro è stata elaborata una nuova grammatica, una nuova semantica ed un processo di valutazione delle policy esteso che includesse anche lo stato. La seconda parte del lavoro è stata più concreta, poiché in questa fase è stata ampliata la libreria Java in modo da dare un supporto alle estensioni pensate precedentemente.

La tesi, dopo questa breve introduzione, è organizzata nel seguente modo:

- Nel Capitolo 2 vengono presentati in maggior dettaglio tutti i modelli di *Access Control* ed inoltre viene dedicata una sezione a *Usage Control* dove vengono anche introdotti due esempi che verranno portati avanti durante gli altri capitoli.
- Nel Capitolo 3 è descritto FACPL e vengono riportati alcuni esempi che mostrano le problematiche per cui non è possibile farne un uso a livello di Usage Control.
- Nel Capitolo 4 viene trattata l'estensione di FACPL ad un livello sintattico e semantico, spiegando quali nuove componenti sono state introdotte ed analizzandone il significato ed utilizzo attraverso dei casi di studio.
- Nel Capitolo 5 sono trattati gli argomenti visti in quello precedente ma dal punto di vista dell'estensione della libreria Java.
- Nel Capitolo 6 viene riassunto tutto il lavoro svolto e sono proposte idee per gli sviluppi futuri.
- In Appendice A viene proposto il codice completo dei casi di studio trattati nei Capitoli precedenti.

2

ACCESS CONTROL E USAGE CONTROL

I sistemi informatici moderni sono capaci di condividere dati e risorse computazionali, ed impedire accessi non autorizzati è diventata una priorità inderogabile. I motivi che portano a questa decisione possono essere legati alla privacy o alla consistenza dei dati durante una computazione. Ad esempio, molte informazioni personali possono essere raccolte durante alcune attività quotidiane, dunque diventa necessario proteggere questi dati da malintenzionati. Per questo motivo esistono sistemi di Access Control, ovvero sistemi definiti da un insieme di condizioni che permettono di creare una prima linea difensiva contro accessi indesiderati.

In Sezione 2.1 vengono trattati in maggior dettaglio i vari modelli di controllo all'accesso proposti negli ultimi decenni, successivamente, nella Sezione 2.2 viene analizzato anche un nuovo modello chiamato *Usage Control*. Infine nell'ultima Sezione, la 2.3, vengono proposti due casi di studio.

2.1 ACCESS CONTROL

Negli anni sono stati proposti diversi approcci per cercare di definire un modello efficiente e scalabile. Andremo ora ad eseguire una classificazione dei modelli di Access Control, seguendo la catalogazione del NIST [10].

- Access Control List (ACL) è il primo di questi modelli ed è stato proposto intorno al 1970 spinto dall'avvento dei primi sistemi multi utente.
- Role Based Access Control (RBAC) è nato successivamente ad ACL e ne modifica alcuni aspetti in modo da rimuovere molte delle limitazioni di quest'ultimo.

- Attribute Based Access Control (ABAC) è nato dopo RBAC e fornisce un paradigma dinamico che aiuta a sviluppare policy che si adattano all'ambiente.
- Policy Based Access Control (PBAC) è molto simile ad ABAC ma migliora e standardizza quest'ultimo modello.

Access Control Lists

ACL è il primo modello di controlli agli accessi, è stato introdotto intorno al 1970 grazie all'avvento dei sistemi multi utente allo scopo di limitare l'accesso a file e dati appartenenti a diversi utenti, infatti i primi sistemi ad utilizzare questo modello sono stati sistemi di tipo UNIX. Con la comparsa della multiutenza per sistemi ad uso personale lo standard ACL è stato implementato in molti più ambienti come sistemi UNIX-Like e Windows.

Il concetto dietro ACL è uno dei più semplici, in quanto ogni risorsa del sistema che deve essere controllata ha una sua lista, che ad ogni soggetto associa le azioni che può effettuare sulla risorsa, ed il sistema operativo quando viene fatta richiesta decide in base alla lista se dare il permesso o meno.

Per esempio, in Figura 1, si può vedere come *test_folder* sia la risorsa da controllare, *federicoschipani*, *staff* e *everyone* siano i soggetti e le azioni associate sono, in questo caso, *Read & Write* al primo soggetto e *Read only* agli altri due.

La semplicità di questo modello non richiede grandi infrastrutture sottostanti, la sua implementazione dal punto di vista applicativo risulta abbastanza immediata attraverso l'uso di linguaggi ad alto livello come Python o Java, poiché le strutture che servono per implementare questo standard sono già definite. Nonostante negli anni sono stati sviluppati modelli più complessi, come ABAC, PBAC e RBAC, il sistema descritto in questa sezione viene comunque usato nei sistemi operativi recenti. Come si può vedere in Figura 1 OS X sfrutta questo standard per la gestione dei permessi sul filesystem.

Un aspetto negativo si manifesta quando si trattano grandi quantità di risorse. Ogni volta che viene richiesto l'accesso ad una risorsa da parte di un'entità, utente o applicazione che sia, è necessario verificare nella lista associata, il che lo rende abbastanza oneroso dal punto di vista computazionale.

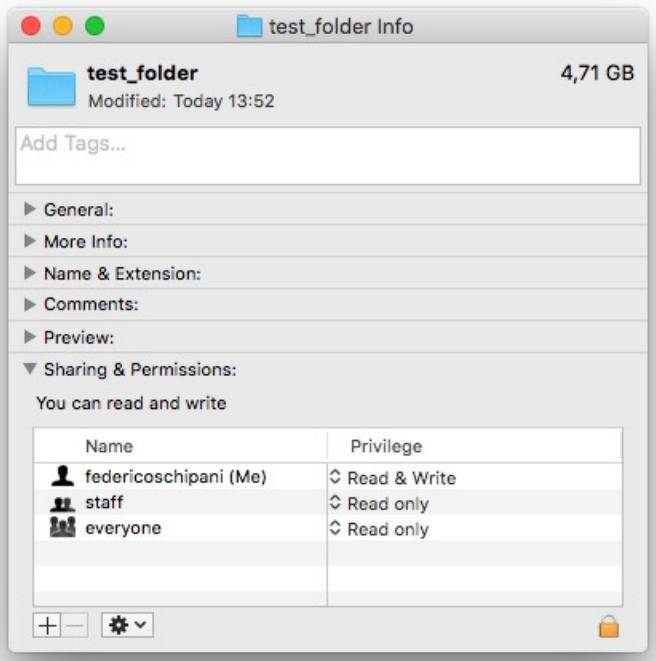

Figura 1: Access Control List (ACL) in OS X

Un altro lato negativo emerge quando bisogna effettuare modifiche ai permessi di una determinata risorsa, in quanto è necessario andare ad operare sulla lista di quest'ultima, il che rende questo compito incline ad errori ed oneroso dal punto di vista del tempo.

Role-based Access Control

RBAC è l'evoluzione di ACL, in quanto tende a correggerne alcuni difetti come la limitata scalabilità.

A differenza di ACL, in RBAC, è presente il concetto di ruolo del richiedente, ovvero un titolo che definisce un livello di autorità, che raggrupperà diversi utenti in una categoria. RBAC attraverso questa nuova caratteristica riesce a porre rimedio ai difetti di ACL in quanto questo tipo di gestione offre il vantaggio di facilitare l'assegnazione dei permessi, poiché per ogni risorsa non si devono più gestire tutti i singoli utenti, ma basta gestire i permessi associati a queste nuove categorie.

Un utente può anche far parte di più gruppi, per esempio un contabile di un'azienda può far parte del gruppo *impiegati* e *contabili* in modo da permettergli l'accesso sia ai documenti riservati ai soli impiegati che quelli riservati ai soli contabili. Come si può vedere in Figura 2 il concetto di gruppo è implementato nei sistemi operativi moderni, in particolare in OS X, Windows e sistemi UNIX-Like.

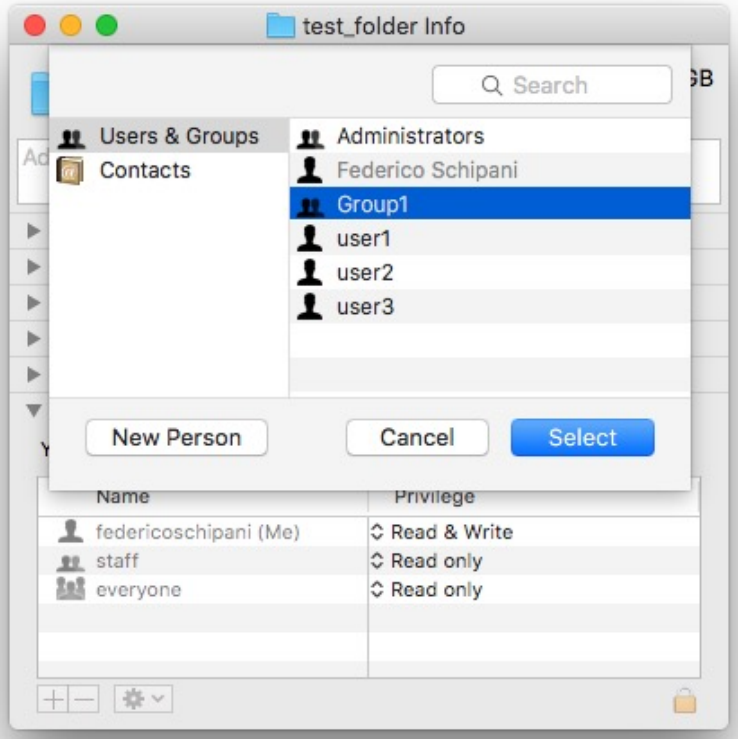

Figura 2: Gruppo in OS X

RBAC però ha i suoi difetti, uno dei più evidenti è l'impossibilità di gestire le autorizzazioni a livello di singola persona, ed è quindi necessario creare diversi gruppi o ricorrere a espedienti per autorizzare, o vietare, singoli utenti appartenti a determinati gruppi.

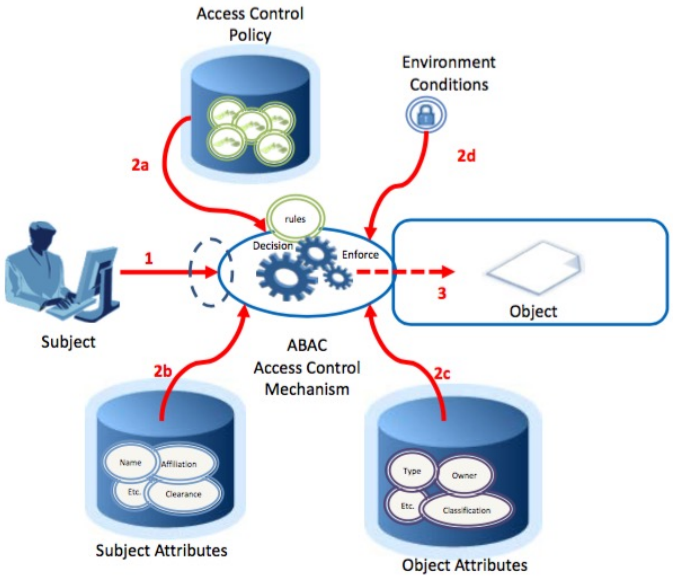

Figura 3: Scenario ABAC base

Attribute-based Access Control

ABAC è un modello di controllo all'accesso nel quale le decisioni sono prese in base ad un insieme di attributi, associazioni con il richiedente, ambiente e risorsa stessa. In questa nuova architettura è presente un nuovo componente chiamato Policy Decision Point (PDP) il quale si occuperà della valutazione delle richieste prima di fornire una decisione finale. Ogni attributo è un campo distinto dagli altri che il PDP compara con un insieme di valori per determinare o meno l'accesso alla risorsa.

In Figura 3 viene mostrato il funzionamento di ABAC. Di particolare rilevanza è il secondo step, che porta alla raccolta di tutte le informazioni per produrre una decisione finale. Inizialmente il sistema richiede al Access Control Policy (ACS) le policy, successivamente effettua la raccolta degli attributi dalle varie fonti. Questi attributi possono provenire da fonti disparate ed essere di svariati tipi. Per esempio nella valutazione di una richiesta possono essere considerati attributi come la data di assunzione di un dipendente ed il suo grado all'interno dell'azienda.

Un vantaggio di ABAC è che non c'è la necessità che il richiedente conosca in anticipo la risorsa o il sistema a cui dovrà accedere. Fino a quando gli attributi che il richiedente fornisce coincidono con i requisiti dettati dalle policy l'accesso sarà garantito. ABAC perciò è utilizzato in situazioni in cui i proprietari delle risorse vogliono far accedere utenti che

non conoscono direttamente a patto che però rispettino i criteri preposti, il che rende il tutto molto più dinamico rispetto ad ACL e RBAC.

Diversamente da ACL e RBAC questo tipo di controllo agli accessi non è implementato nei sistemi operativi, ma è largamente usato a livello applicativo. Spesso si usano applicazioni intermedie per mediare gli accessi da parte degli utenti a specifiche risorse. Implementazioni semplici di questo modello non richiedono grandi *database* o altre infrastrutture, tuttavia in ambienti dove non basta una semplice applicazione c'è necessità di grandi banche dati.

Una limitazione di ABAC è che in grandi ambienti, con tante risorse, individui e applicazioni ci saranno molte regole, ed organizzarle in maniera efficiente diventa un compito oneroso.

Policy-based Access Control (PBAC)

PBAC è stato sviluppato per far fronte alle problematiche di organizzazione delle regole di ABAC, infatti è una sua naturale evoluzione e tende ad uniformare ed armonizzare il sistema di controllo accessi. Questo modello cerca di aiutare le imprese a indirizzarsi verso la necessità di implementare un sistema di controllo agli accessi basato su policy.

PBAC combina attributi dalle risorse, dall'ambiente e dal richiedente con informazioni su determinate circostanze sotto le quali la richiesta è stata effettuata ed inoltre si serve di ruoli per determinare quando garantire l'accesso.

Nei sistemi ABAC gli attributi richiesti per avere accesso ad una particolare risorsa sono determinati a livello locale e possono variare da organizzazione ad organizzazione. Per esempio, un'unità organizzativa può determinare che l'accesso ad un archivio di documenti sensibili è semplicemente soggetto a richiesta di credenziali e ruolo particolare. Un'altra unità invece, oltre a richiedere credenziali e ruolo, richiede anche un certificato. Se un documento viene trasferito dal secondo al primo archivio perde la protezione fornita da quest'ultimo e sarà soggetto solo alla richiesta di credenziali e ruolo. Con PBAC invece si ha un solo punto dove vengono gestite le policy, e queste policy verranno valutate ad ogni tentativo di accedere alla risorsa.

PBAC quindi è un sistema molto più complicato di ABAC e perciò richiede il dislocamento di infrastrutture molto più onerose dal punto di vista economico che includono *database*, *directory service* e altri applicativi di mediazione e gestione. PBAC non richiede solo un applicazione per gestire la valutazione delle policy, ma anche un sistema per la scrittura

di queste ultime in modo che non risultino ambigue. Per facilitare la creazione e la leggibilità delle policy è stato creato da OASIS [11] uno standard, basato su eXtensible Markup Language (XML), che si chiama XACML.

Sfortunatamente però, queste policy non sono facili da scrivere e l'uso di XACML non necessariamente rende facile il processo di creazione, specifica e valutazione corretta di una policy.

Ci vorrebbe anche un modo per assicurarsi che tutti gli utenti di un sistema utilizzino lo stesso insieme di attributi, piuttosto arduo da realizzare. Gli attributi dovrebbero essere forniti da un'entità chiamata Authoritative Attribute Source (AAS) che, oltre a fare da sorgente per gli attributi, deve anche occuparsi della loro consistenza. In più bisogna instaurare un meccanismo per verificare che questi attributi provengano realmente dall'AAS. Può sembrare facile fare una cosa del genere, ma bisogna considerare il caso in cui più aziende lavorano insieme e devono implementare un sistema di controllo degli accessi in comune. Si può verificare un problema quando un'azienda valuta la gestione dell'AAS tramite un particolare *repository*, ma un'altra azienda non è d'accordo a questo tipo di soluzione.

2.2 USAGE CONTROL

Oggi sono presenti differenti tipi di sistemi che richiedono un modello più flessibile e continuativo per gestire la sicurezza. Questa sezione parlerà di un nuovo sistema, chiamato *Usage Control* [7].

Usage Control si propone come un approccio nuovo e promettente per il controllo degli accessi. In particolare verrà trattato il modello, inizialmente proposto da Sandhu e Park[7], chiamato UCON_{ABC}.

UCON_{ABC} utilizza un approccio diverso rispetto a *Access Control* in quanto, rispetto a quest'ultimo, si riesce ad avere una continuità delle decisioni sull'accesso. Ciò vuol dire che le decisioni non vengono più prese solo a priori, ma anche durante l'accesso. Quindi, se durante l'utilizzo qualche attributo di stato cambia e la *policy* non è più soddisfatta viene revocato l'accesso. Di conseguenza è richiesto un componente che modella lo stato del sistema, in modo tale da effettuare valutazioni in base a quelle effettuate in precedenza.

Il vantaggio di *Usage Control* è la sua capacità di adattarsi a vari casi di utilizzo, riuscendo così a includere e migliorare sistemi come ACL, RBAC, ABAC e PBAC descritti in 2.1. Il passaggio da Access Control a Usage

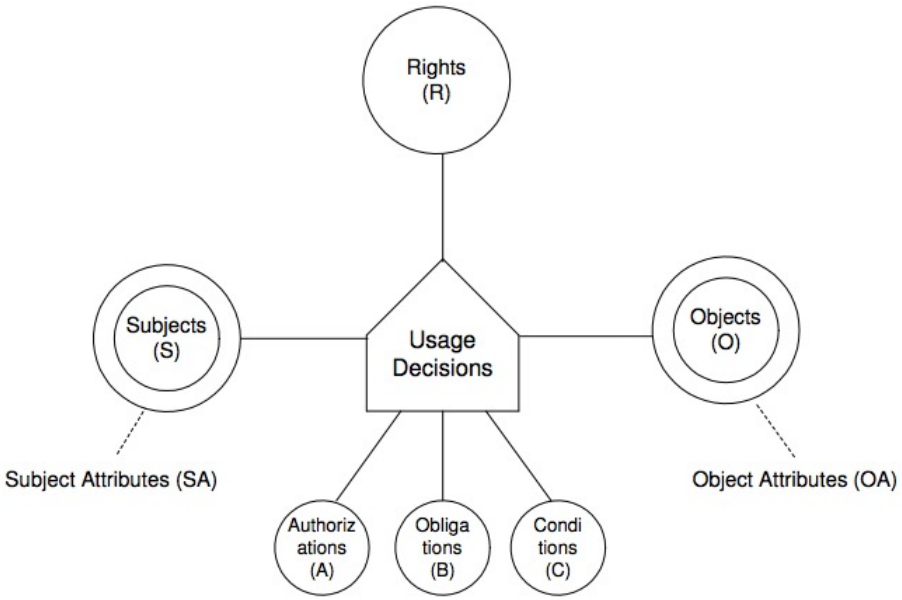

Figura 4: Insieme dei componenti di $UCON_{ABC}$

Control è importante soprattutto quando si va a considerare ambienti legati alla rete, come possono essere il web o il cloud.

Il processo decisionale in Usage Control è diviso in due fasi [6].

- La prima fase è una fase di *pre decision* che fondamentalmente è la classica decisione presa in *Access Control*, questa decisione viene presa al momento in cui è effettuata la prima richiesta per produrre la decisione di accesso.
- La seconda fase è chiamata *ongoing decision*, ed è un processo che implementa il concetto di continuità in quanto le decisioni vengono prese durante l'accesso.

I componenti necessari a questo tipo di processo decisionale sono dei predicati, che possono essere di tre tipi: *authorizations*, *conditions*oppure *rights*, delle azioni chiamate *obligations* che devono essere eseguite durante l'accesso ed infine uno stato. Come questi componenti contribuiscono a prendere una decisione viene mostrato in Figura 4. Ad un soggetto (Subject) sono associati dei diritti (Rights) e gli appartengono degli attributi (Subject Attributes) su degli oggetti (Objects). *Authorisation*, *Obligation* e *Condition* sono predicati che sono valutati per prendere la decisione di

Usage Control. Access Control utilizza solo *Authorisation* per prendere decisioni, quindi *Obligation* e *Condition* sono componenti nuove.

2.3 CASI DI STUDIO

In questa sezione sono presentati due casi di studio che possono essere implementati attraverso funzionalità di Usage Control. Il primo di questi riguarda la regolamentazione dell'accesso a dei file. Il secondo invece tratta un semplice caso in cui ci sono degli utenti che desiderano effettuare acquisti o noleggi di contenuti multimediali.

2.3.1 *Gestione lettura e scrittura di file*

Dentro ad un sistema ci sono vari file, ai quali per questione di consistenza, bisogna limitare l'accesso. La regola è: *"per un determinato file un massimo di due persone possono accedere in lettura oppure solo una persona può accedere in scrittura"*. In Figura 5 viene mostrato un diagramma di flusso che sintetizza, e permette di capire meglio, la regola di accesso. Quando arriva la richiesta viene verificata la presenza nel database del richiedente e del file richiesto, se entrambe danno esito positivo si passa all'analisi dei requisiti per soddisfare la richiesta.

Se in un primo momento nessuno sta visualizzando o scrivendo un determinato file, ed un utente generico chiederà l'accesso in lettura per questo file, ovviamente il responso sarà positivo in quanto non viola la regola preposta prima.

Dopo un po' di tempo, mentre il primo sta ancora leggendo, un altro utente chiede l'accesso in scrittura, che gli viene negato. In un istante di tempo successivo il primo utente sta continuando a leggere, ed anche il secondo utente vuole leggere. In questo caso viene dato responso positivo.

Infine, entrambi gli utenti smettono di leggere, ma uno di loro vuole apportare una modifica, allora richiede l'accesso in scrittura, che questa volta gli viene consentito poiché nessuno sta leggendo.

2.3.2 *Noleggio e acquisto di contenuti*

Un altro utilizzo possibile di *Usage Control* riguarda l'analisi del comportamento passato. Un'azienda fornisce ai propri clienti la possibilità di

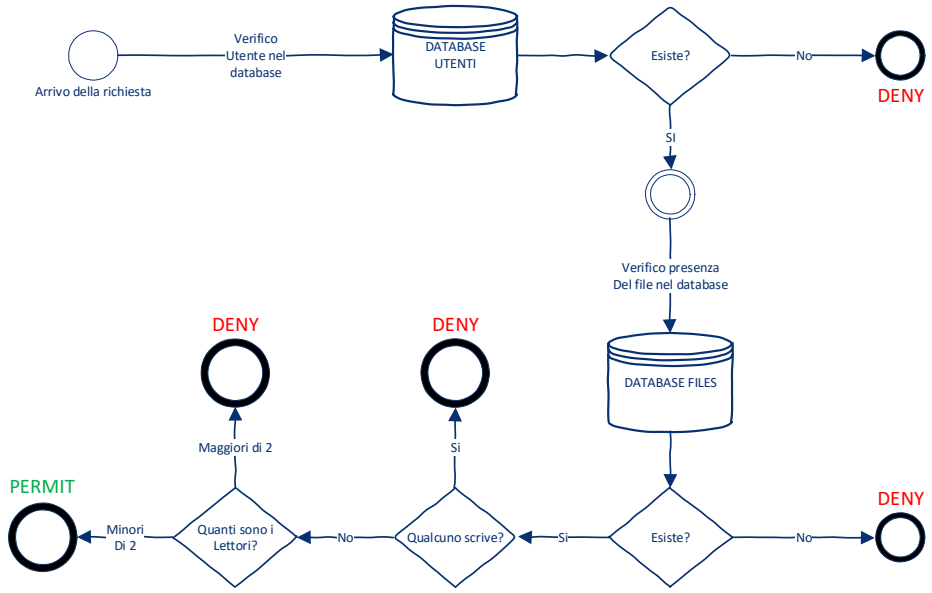

Figura 5: Diagramma di flusso del caso di studio sull'accesso dei file

effettuare noleggi o acquisti di contenuti multimediali (musica, video, film, serie tv e via discorrendo).

In caso il contenuto fosse stato acquistato, l'acquirente potrà ottenere l'accesso infinite volte per tempo infinito. Nel caso di noleggio invece saranno presenti delle condizioni, come per esempio un numero massimo di visioni che quando superato non permette più di fruire del contenuto o una data di scadenza che, una volta oltrepassata, impedirà l'ulteriore visione del file noleggiato in precedenza.

Come nell'esempio precedente viene mostrato un diagramma di flusso, proposto in Figura 6, che permette di capire meglio il funzionamento di questo sistema di *Usage Control*. Innanzitutto viene verificata la presenza nei due relativi database dell'utente e del file richiesto, successivamente viene analizzata la richiesta, che può essere di tre tipi:

- Visione: viene verificato se realmente l'utente ha diritto ad avere accesso a quella risorsa, e di conseguenza viene presa una decisione.
- Acquisto: verrà accreditato l'acquisto all'utente che ha effettuato la richiesta.
- Noleggio: per questa forma ci sono due diverse tipologie: il noleggio a tempo e il noleggio a numero di visualizzazioni. Nel primo caso

all'utente sarà concesso di vedere il file per un determinato periodo di tempo, mentre nel secondo il richiedente potrà visionare il file per un numero limitato di volte.

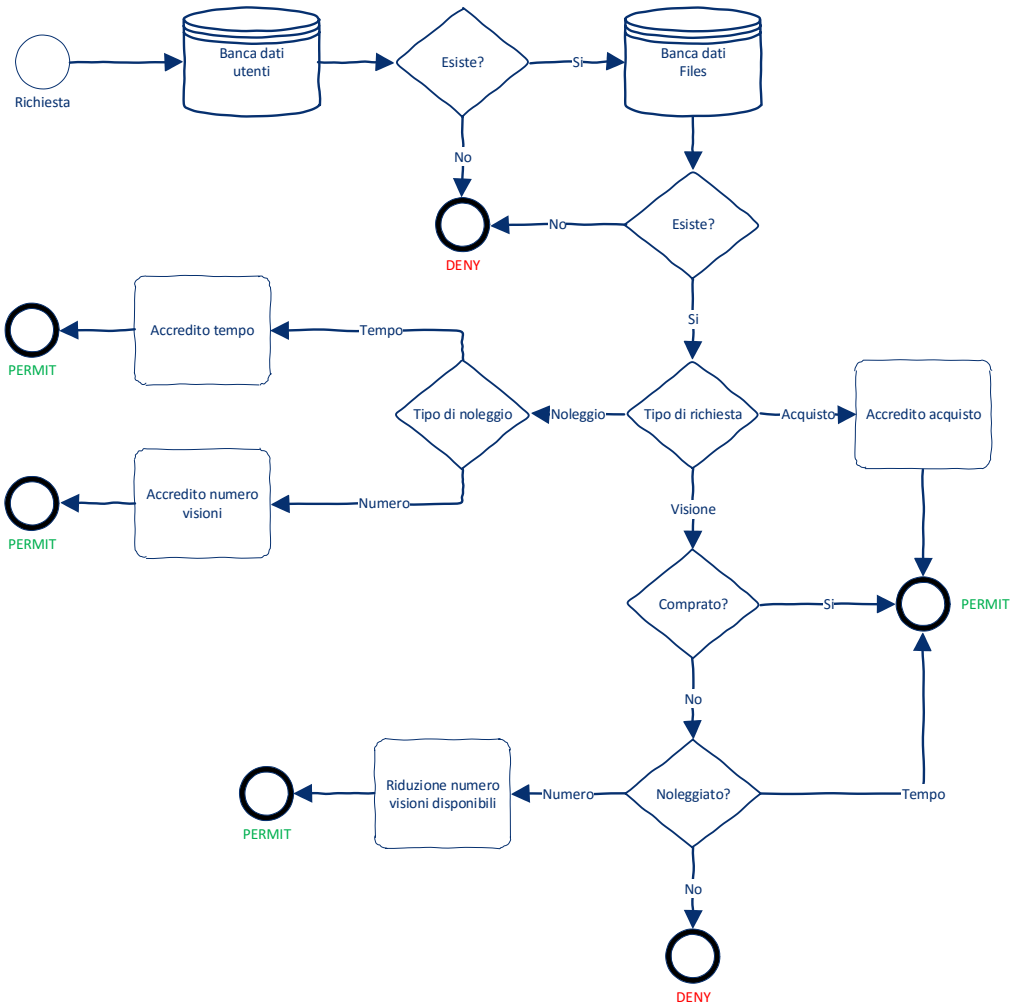

Figura 6: Diagramma di flusso del caso di studio sul noleggio e acquisto di contenuti

3

FORMAL ACCESS CONTROL POLICY LANGUAGE

Negli anni molti linguaggi sono stati proposti per definire policy di access control. Uno di questi è eXtensible Access Control Markup Language (XACML) di OASIS [11], e la sua prima versione risale al 2003. Questo linguaggio ha una sintassi basata su XML e fornisce caratteristiche avanzate per l'*Access Control*. Il problema fondamentale di XACML è che non ha una sintassi facile da leggere e da scrivere.

Formal Access Control Policy Language (FACPL) [9] è un linguaggio per formalizzare policy di access control supportato da una solida libreria Java ed utilizzabile attraverso un plugin per il famoso ambiente di sviluppo Eclipse. FACPL è parzialmente ispirato a XACML, ma oltre ad introdurre una nuova sintassi ridefinisce alcuni aspetti aggiungendo nuove caratteristiche. Il suo scopo però non è sostituire XACML, ma fornire un linguaggio compatto ed espressivo per facilitare le tecniche di analisi attraverso tool specifici.

In Sezione 3.4 sono descritti i tool necessari per l'utilizzo di FACPL. Nella Sezione 3.1 è effettuata una disamina sul processo di valutazione di FACPL, nella quale sono presentati i componenti principali e la descrizione dell'interazione tra di essi. Nelle Sezioni 3.2 e 3.3 vengono analizzate rispettivamente la sintassi e la semantica di FACPL. In Sezione 3.5 è proposto un esempio di politica con FACPL ed inoltre è spiegato in maggior dettaglio perché in FACPL non è possibile prendere decisioni basate sul comportamento passato.

3.1 PROCESSO DI VALUTAZIONE

In Figura 7 è mostrato il processo di valutazione delle policy definite in FACPL.

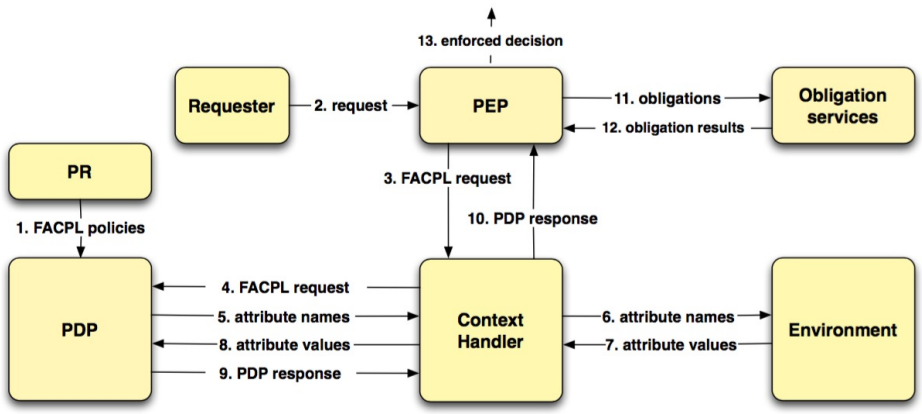

Figura 7: Il processo di valutazione di FACPL

I componenti principali sono tre:

- Policy Repository (PR)
- Policy Decision Point (PDP)
- Policy Enforcement Point (PEP)

Le policy sono memorizzate nel PR, il quale le rende disponibili al PDP che deciderà, successivamente, se garantire l'accesso o meno (Primo step). Nello step 2, quando il PEP riceve una richiesta, le credenziali di quest'ultima vengono codificate in una sequenza di attributi (ogni attributo è una coppia stringa-valore) che, nello step 3, andranno a loro volta a formare una FACPL Request. Al quarto step il *context handler* aggiungerà attributi di ambiente (per esempio l'ora di ricezione della richiesta) e manderà la richiesta al PDP. A questo punto il PDP, tra il quinto e l'ottavo step, valuterà la richiesta e fornirà un risultato, il quale può eventualmente contenere delle *obligations*. La decisione del PDP può essere di quattro tipi:

- `permit`
- `deny`
- `not-applicable`
- `indeterminate`.

Il significato delle prime due decisioni è facilmente intuibile, mentre per le ultime due vuol dire che c'è stato un errore durante la valutazione.

Tabella 1.: Sintassi di FACPL

Policy Authorisation Systems	*PAS* ::=	(pep : *EnfAlg* pdp : *PDP*)
Enforcement algorithms	*EnfAlg* ::=	base | deny-biased | permit-biased
Policy Decision Points	*PDP* ::=	{*Alg* policies : *Policy*$^+$}
Combining algorithms	*Alg* ::=	p-over | d-over | d-unless-p | p-unless-d | first-app | one-app | weak-con | strong-con
Policies	*Policy* ::=	(*Effect* target : Expr obl : *Obligation**) | {*Alg* target : Expr policies : *Policy*$^+$ obl : *Obligation** }
Effects	*Effect* ::=	permit | deny
Obligations	*Obligation* ::=	[*Effect ObType* PepAction(Expr*)]
Obligation Types	*ObType* ::=	M | O
Expressions	*Expr* ::=	*Name* | *Value* | and(*Expr*, *Expr*) | or(*Expr*, *Expr*) | not(*Expr*) | equal(*Expr*, *Expr*) | in(*Expr*, *Expr*) | greater-than(*Expr*, *Expr*) | add(*Expr*, *Expr*) | subtract(*Expr*, *Expr*) | divide(*Expr*, *Expr*) | multiply(*Expr*, *Expr*)
Attribute Names	*Name* ::=	*Identifier*/*Identifier*
Literal Values	*Value* ::=	true | false | *Double* | *String* | *Date*
Requests	*Request* ::=	(*Name*, *Value*)$^+$

Gli errori possono essere di diverso tipo, e vengono gestiti attraverso algoritmi che combinano le decisioni delle varie policy per ottenere un risultato finale. Le *obligations* sono azioni, eseguite dal PEP, correlate al sistema di controllo degli accessi. Queste azioni possono essere di svariati tipi, come per esempio generare un file di log, o mandare una mail. Allo step 13, sulla base del risultato delle *obligations*, il PEP esegue un processo chiamato *Enforcement* il quale restituirà un'altra decisione. Quest'ultima decisione corrisponde alla decisione finale del sistema e può differire da quella del PDP.

3.2 SINTASSI

La sintassi di FACPL è definita nella tabella 1. La sintassi è fornita come una grammatica di tipo Extended Backus Naur form (EBNF), dove il simbolo ? corrisponde ad un elemento opzionale, il simbolo $*$ corrisponde

Tabella 2.: Sintassi per le risposte

PDP Responses	*PDPResponse* ::=	$\langle$ *Decision* *FObligation** $\rangle$
Decisions	*Decision* ::=	permit | deny | not-app | indet
Fulfilled obligations	*FObligation* ::=	[*ObType* *PepAction*(*Value*)]

ad una sequenza con un numero arbitrario di elementi (anche 0), ed il simbolo + corrisponde ad una sequenza non vuota con un numero arbitrario di elementi.

Al livello più alto c'è il Policy Authorisation System (PAS), il quale definisce le specifiche del PEP e del PDP. Il PEP è definito semplicemente come un *enforcing algorithm* che sarà applicato per decidere su quali decisioni verrà eseguito il processo di *enforcement*.

Il PDP invece è definito come una sequenza (non vuota) di *Policy*, ed un algoritmo di combining che combinerà i risultati di queste *policy* per ottenere un unico risultato finale.

Una *policy* può essere una semplice *rule* o una *policy set*, quest'ultima avrà al suo interno altre *policy set* o *rule*, ed in questo modo viene formata una gerarchia di *policy*.

Un *policy set* individua un target, che è una espressione che indica il set di richieste di accesso alla quale si applica la *policy*, una lista di *obligations*, che definiscono azioni obbligatorie o opzionali che devono essere eseguite nel processo di *enforcement*, una sequenza di altre *policy*, ed un algoritmo per combinarle.

Una *rule* includerà un *effect*, che sarà permit o deny quando la regola è valutata correttamente, un target ed una lista di *obligations*.

Le *Expressions* sono formate da *attribute names* e valori (per esempio boolean, double, strings, date).

Un *Attribute Name* indica il valore di un attributo che può essere contenuto nella richiesta o nel contesto. FACPL usa per gli *Attribute Name* una forma del tipo *Identifier / Identifier* , dove il primo Identifier indica la categoria, ed il secondo il nome dell'attributo. Per esempio *Action / ID* rappresenta il valore di un attributo ID di categoria Action.

I *Combining Algorithm* implementano diverse strategie che servono per risolvere conflitti tra le varie decisioni, restituendo alla fine un'unica decisione finale.

Una *obligation* ha al suo interno un effect, un tipo, ed una azione eseguita dal PEP con la relativa *Expression*.

Una *request* consiste di una sequenza di attributi organizzati in categorie.

La risposta ad una valutazione di una richiesta FACPL è scritta usando la sintassi riportata in Tabella 2. La valutazione in due step, descritta precedentemente in Sezione 3.1, produce due tipi di risultati. Il primo è la risposta del PDP, il secondo è una decisione, ovvero una risposta del PEP. La decisione del PDP, nel caso in cui ritorni permit o deny, viene associata ad una lista, anche vuota, di *fulfilled obligation*.

Una *fulfilled obligation* è una semplice coppia formata da un tipo (M o O) ed una azione i quali argomenti sono ottenuti dalla valutazione del PDP. Rappresenta una obligation valutata dal PEP.

3.3 SEMANTICA

Le componenti di FACPL sono molteplici, e la semantica ora verrà informalmente analizzata. La semantica formale è presente in [9]. Prima è presentato il processo di decisione del PDP, successivamente quello PEP.

Quando il PDP riceve una richiesta, per prima cosa la valuta sulle basi delle *policy* disponibili, successivamente determinerà un risultato combinando le decisioni ritornate da queste *policy* attraverso degli algoritmi di combining.

La valutazione della *policy* rispetto alla richiesta comincia verificando l'applicabilità alla richiesta, che è fatta valutando un'espressione definita *target*.

Supponiamo che l'applicabilità dia esito positivo, nel caso ci sia una *rule* sarà ritornato il valore risultante dalla valutazione di quest'ultima, mentre se c'è un *policy set* il risultato è ottenuto valutando le *policy* contenute all'interno, e combinando i loro valori con uno specifico algoritmo. Successivamente a queste valutazioni viene effettuato il *fulfilment* delle obligation contenute all'interno delle *policy*.

Supponiamo ora che l'applicabilità non dia esito positivo, ovvero la valutazione del *target* restituisca `false`. In questo caso il risultato della *policy* sarà `not-app`. Mentre se il *target* restituisce un valore non booleano o ritorna un errore il risultato della *policy* sarà `indet`.

Valutare le espressioni corrisponde ad applicare degli operatori e risolvere i nomi degli attributi che contengono, e di conseguenza ricavarne un valore.

La valutazione di una *policy* termina con il *fulfillment* di tutte le obligations che hanno il valore di applicabilità coincidente con quello ritornato dalla valutazione della *policy*. Quest'operazione consiste nel valutare tutte

le espressioni presenti al interno delle `obligations` coinvolte nel processo. Se ci sarà un errore nel processo di *fulfillment* allora il risultato della *policy* sarà `indet`, altrimenti il risultato del *fulfillment* sarà uguale a quello della valutazione del PDP.

Gli algoritmi di combining hanno lo scopo di combinare le decisioni risultanti dalla valutazione delle richieste in accordo con le policy. Un'altra funzione che hanno è, nel caso nel caso in cui la valutazione finale risulti permit o deny, ritornare le *obligations* coerenti con il risultato della decisione. Come ultimo step il risultato del PDP viene mandato al PEP per l'enforcement. Il PEP per effettuare questo processo deve eseguire l'azione all'interno di ogni *fulfilled obligation* e decidere come comportarsi per le decisioni di tipo `not-app` e `indet`.

Per fare questo processo il PEP usa delle strategie. In particolare, l'algoritmo `deny-biased` (rispettivamente, `permit-based`) effettua l'enforcement dei permit (rispettivamente deny) solo quando tutte le corrispondenti obligations sono correttamente eseguite, mentre effettua l'enforcement dei deny (rispettivamente permit) in tutti gli altri casi. Invece, l'algoritmo di base lascia tutte le decisioni non cambiate ma, in caso di decisioni permit e deny, effettua l'enforcement di `indet` se ci sarà un errore durante l'esecuzione delle `obligations`. Questo evidenzia che le `obligations` non solo influenzano il processo di autorizzazione, ma anche l'enforcement. Gli errori causati dalle `obligations` con tipo O vengono ignorati.

3.4 TOOL DI SUPPORTO

Il plugin per Eclipse di FACPL è stato scritto con l'ausilio di un *Framework* chiamato *Xtext*. Quest'ultimo a sua volta utilizza *Xtend* poiché permette di scrivere regole di traduzione per generare automaticamente codice Java.

Attraverso il plugin si riesce a rendere Eclipse un vero e proprio ambiente di sviluppo per FACPL in quanto si ottengono funzioni come l'autocompletamento o l'highlighting del codice.

L'ambiente di sviluppo, con il relativo plugin, le regole di traduzione e la libreria Java formano insieme la *toolchain* di FACPL, mostrata in Figura 8.

Lo sviluppatore che utilizza l'Integrated Development Environment (IDE) di FACPL può generare codice Java o XACML a partire da politiche scritte in FACPL. La traduzione da codice FACPL a Java o XACML è effettuata attraverso le regole di traduzione scritte in Xtend.

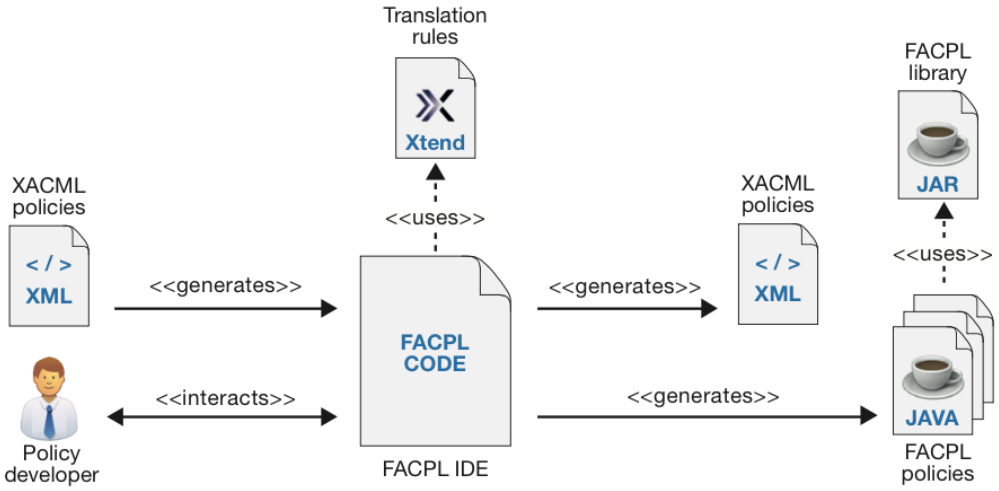

Figura 8: ToolChain di FACPL

3.5 ESEMPI DI POLITICHE

In questa sezione è analizzata una semplice politica scritta in FACPL con delle possibili richieste di accesso, la sintassi delle richieste e delle politiche è leggermente diversa da quella riportata in Tabella 1 in quanto, per questioni di comodità e facilità di lettura del codice, è stata usata quella del plugin.

Codice 3.1: Esempio di politica in FACPL

```
PolicySet fileRule { permit-overrides
  target:
    equal("458", resource/resource-id)
  policies:
    Rule writeRule (  permit  target:
       equal ("WRITE" , subject/action )
      &&  equal ("ADMINISTRATOR", subject/role)
    )
    Rule writePeronio (  permit  target:
       equal("PERONIO", subject/id)
   )
    Rule denyRule (  deny  target:
       equal("GUEST", subject/role) )
  obl:
   [  deny M action2 (subject / id )]
   [  permit M action1 (subject / id)]
}
```

Con il Codice 3.1 si vuole ottenere lo scopo di regolare l'accesso ad una risorsa chiamata 458. In questo caso gli utenti che hanno ruolo *GUEST* non possono accedere, mentre gli *ADMINISTRATOR* si, fatta eccezione per l'utente Peronio, che può accedervi qualunque ruolo abbia. Le richieste effettuate al sistema vengono mostrate in Codice 3.2, e sono tre. La prima proviene dall'utente Gianfabrizio che fa parte degli *ADMINISTRATOR*, la seconda e la terza rispettivamente dall'utente Gianpietro e Peronio che fanno entrambi parte dei *GUEST*.

Codice 3.2: Richieste per Codice 3.1

```
Request:{ Request1
 (subject/action , "WRITE")
 (subject/role , "ADMINISTRATOR")
 (resource/resource-id , "458")
 (subject/id, "GianFabrizio")
}
Request:{ Request2
 (subject/action , "WRITE")
 (subject/role , "GUEST")
 (resource/resource-id , "458")
 (subject/id, "GianPietro")
}
Request:{ Request3
 (subject/action , "WRITE")
 (subject/role , "GUEST")
 (resource/resource-id , "458")
 (subject/id, "PERONIO")
}
```

Tabella 3.: Risultati delle richieste

	Risultato	**Obligation**
Richiesta 1	*PERMIT*	PERMIT M action1([GIANFABRIZIO])
Richiesta 2	*DENY*	DENY M action2([GianPietro])
Richiesta 3	*PERMIT*	PERMIT M action1([PERONIO])

In Tabella 3 sono riassunti i risultati delle richieste. Ovviamente alla prima richiesta il risultato è permit, in quanto l'utente è un amministratore. Alla seconda richiesta il risultato è deny poiché l'utente è un ospite, mentre alla terza, nonostante l'utente faccia parte dello stesso gruppo del secondo riesce ad ottenere risultato permit per via della regola che considera il suo nome.

FACPL, come mostrato dall'esempio, permette di fare richieste ed ottenere delle risposte, ma queste richieste sono totalmente indipendenti l'una dall'altra, quindi l'ordine di esecuzione non avrebbe influenzato in alcun modo il risultato finale. In sezione 2.2 sono stati introdotti due esempi i quali non possono, per ora, essere implementati in FACPL poiché manca quest'aspetto che crea dipendenza tra le richieste. Per creare questo legame tra richieste è necessario che il sistema di controllo agli accessi riesca a tenere traccia degli avvenimenti precedenti, perciò si inizia a parlare di un nuovo concetto che può essere assimilabile ad uno stato. Nel Capitolo 4 e 5 l'obiettivo è proprio permettere a FACPL questo tipo di valutazione.

4

IMPLEMENTARE USAGE CONTROL IN FACPL

FACPL, per come è descritto nel Capitolo 3, non supporta Usage Control, di conseguenza non è possibile prendere decisioni basate sul comportamento passato. Grazie a delle nuove strutture, implementate insieme al mio collega Filippo Mameli, è possibile prendere questo tipo di decisioni.

Questa estensione ha richiesto delle modifiche alla sintassi del linguaggio in modo da poter sfruttare facilmente le nuove funzionalità. Introdurre queste modifiche ha richiesto del lavoro sulla libreria, in quanto è stato necessario aggiungere nuove componenti e di conseguenza modificare il processo di valutazione delle policy.

In Sezione 4.1 viene analizzato il nuovo processo di valutazione alla luce delle modifiche introdotte in FACPL. Nella Sezione 4.2 invece viene discussa l'estensione dal punto di vista della sintassi, introducendo la nuova grammatica. Successivamente, in Sezione 4.3 viene spiegata la semantica dei nuovi costrutti implementati. Infine in Sezione 4.4 sono proposti in FACPL due case study già presentati in Sezione 2.3.

4.1 ESTENSIONE DEL PROCESSO DI VALUTAZIONE

Il processo di valutazione, presentato in Sezione 3.1, è stato esteso per via delle modifiche introdotte. Rispetto al processo di valutazione standard, sono state aggiunte componenti al grafico, rendendolo così adatto allo *Usage Control*, e quindi assicurare un controllo continuativo basato sul comportamento passato.

Come si nota in Figura 9 è stato aggiunto un componente alla struttura della valutazione. Questo rappresenta lo *Status* (Stato), al quale il PDP e PEP ci accedono tramite attributi, che vengono chiamati *Status Attribute*.

Analizziamo quindi, a scopo esemplificativo, come viene gestita la presenza dello stato. Inizialmente viene definito il sistema, che ora rispetto a quelli già citati in Sezione 3.1, ha un componente in più, ovvero lo Stato. Fino al quarto step il comportamento è analogo a quello precedente.

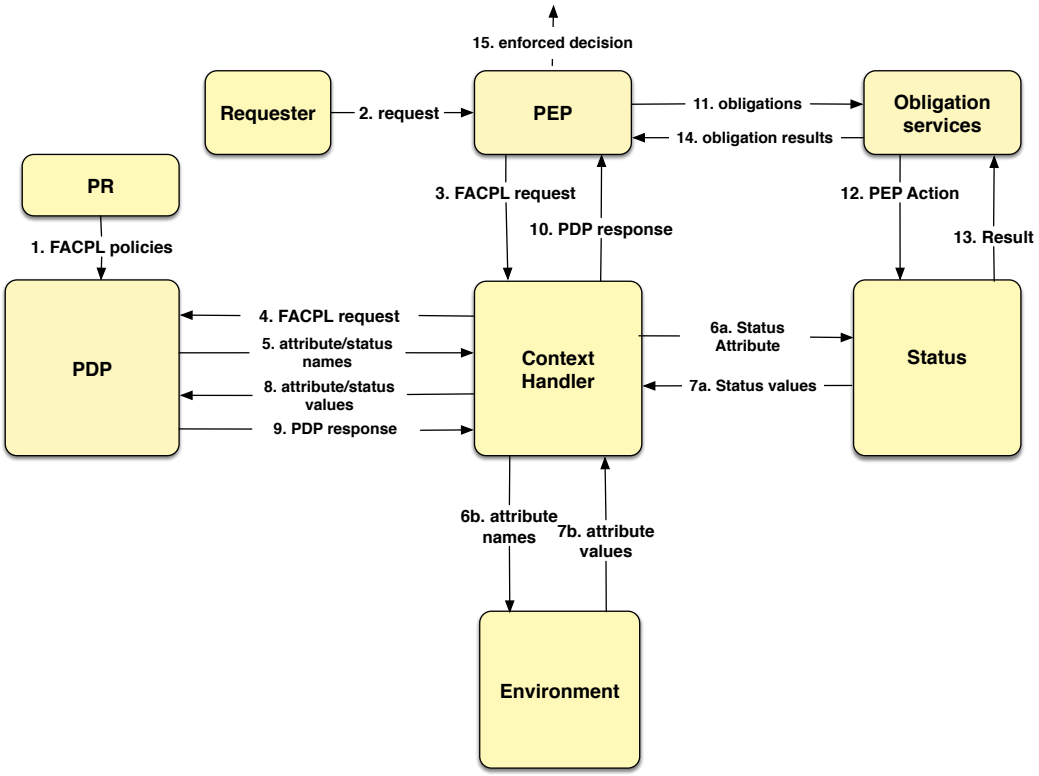

Figura 9: Valutazione dopo lo stato

Al quinto step il *PDP* non necessiterà solo dei normali attributi d'ambiente, ma necessiterà anche degli *Status Attribute* coinvolti nella richiesta effettuata. Il *Context Handler* quindi non andrà solo a fare la ricerca all'interno dell'environment, ma andrà a cercare anche gli *Status Attribute* all'interno dello *Status*.

A questo punto, quando il PDP avrà tutte le informazioni necessarie si potrà passare alla vera e propria valutazione della richiesta che avviene come sempre.

Nel caso in cui viene restituto permit o deny è necessario fare l'enforcement della risposta del PDP. Questo processo differisce dal precedente poiché ora sono state implementate nuove azioni sullo stato che devono essere eseguite dal PEP (Passo 11-14). Le nuove azioni sono eseguite attraverso un nuovo tipo di obligations, chiamate *ObligationStatus*. Quest'ultime vengono valutate dal PEP alla pari di una normale Obligation, ma la sostanziale differenza tra esse ed una normale Obligation è legata alla funzione che contengono. Mentre le normali Obligation conterranno generiche funzioni, come creare un log o mandare una mail, le Obligation

Status potranno eseguire azioni per modificare lo stato del sistema. Una volta effettuato l'enforcement viene restituta la decisione finale.

4.2 ESTENSIONE LINGUISTICA

Per implementare queste nuove funzionalità è stata modificata anche la grammatica di FACPL. Nella grammatica estesa sono state aggiunte nuove regole di produzione e simboli terminali che codificano le nuove funzionalità.

Come è facilmente osservabile dalla consultazione della Tabella 4 le aggiunte rispetto alla tabella riporta in Sezione 3.2 sono state diverse, vediamo adesso quali sono.

La prima modifica è nel PAS, cioè lo *Status*, che è della forma

$$\mathtt{status} : \mathtt{Attribute}$$

ed è formato da uno o più *Attribute*.

Passiamo ora a descrivere *Attribute* che è della forma

$$(\mathtt{Type}\ \mathtt{Identifier}(= \mathtt{Value})^{?})$$

questo tipo particolare di attribute, che è lo *Status Attribute* descritto in precedenza, è formato innanzitutto da un *Type*, dopo il tipo è richiesta una generica stringa chiamata *Identifier*, che sarà un generico nome da dare all'attributo, infine viene richiesto un *Value*, ovvero un valore, che in questo caso è opzionale. All'atto pratico vuol dire che l'attributo di stato potrà essere inizializzato con un valore oppure potrà essere solamente definito, lasciando che il valore sia quello di default.

Type è il tipo che avrà l'attributo di stato, e potrà essere `int, boolean, date o double`.

La regola *PepAction* è stata modificata in modo tale che includa nuove funzioni per operare sugli attributi di stato. Infine l'ultima regola di produzione modificata è stata quella riguardante *Attribute Names*; in questo caso è stata aggiunta, a fianco di *Identifier/Identifier*, una nuova produzione Status/*Identifier*. Questa nuova produzione serve semplicemente per permettere il confronto tra attributi di stato attraverso le già esistenti *Expression*. La sintassi delle risposte è rimasta invariata.

4.3 SEMANTICA

La semantica di FACPL rimane molto simile a quella descritta in Sezione 3.3, quindi verranno di seguito descritte in modo informale solo le novità introdotte.

La prima di queste riguarda la valutazione delle richieste dal PDP. Il PDP ora non si deve più basare solo su richieste totalmente scollegate l'una dall'altra, e quindi è stato introdotto il concetto di *Status*. Lo stato permette di rappresentare il comportamento passato del sistema, e lo fa introducendo una nuova serie di attributi chiamati *Status Attribute*.

Nel linguaggio questo nuovo tipo di attributi viene considerato al pari di normali attributi, quindi si ha la possibilità di effettuare tutte le operazioni di confronto tra di essi, ma in più si deve avere la possibilità di modificarli e memorizzarli in modo da poterli sfruttare per *Usage Control*.

Per questo sono state aggiunte delle *Pep Action*, ovvero delle azioni eseguite dal PEP in seguito alla valutazione di *Obligations status*. La prima di queste è l'addizione, e permette, in seguito alla valutazione di una *Obligations*, l'aggiunta di un valore numerico, definito dallo sviluppatore, ad uno *Status Attribute* di tipo `double` o `int`.

```
obl:
    [permit M add(counter, 2)]
```

Per esempio l'esecuzione di questa *Obligation* su un'attributo, chiamato *counter*, se inizializzato a 0, porterà l'attributo al valore 2.

L'operazione di somma è stata implementata anche per altri due tipi, `Date` e `String`. Oltre all'addizione sono presenti funzioni per la sottrazione, divisione e moltiplicazione che operano in modo analogo a quella appena descritta, ma sono definite soltanto su tipi numerici.

Un'altra operazione implementata modifica il valore originale di uno *Status Attribute* con il valore passatogli come secondo parametro.

```
obl:
    [permit M flag(isFoo, true)]
```

L'esecuzione con successo di questa *Obligation* porterà l'attributo *flag* ad avere un valore `true`. Questo tipo di operazione è stata definita anche per il tipo `Date` e `String`.

Vediamo ora un esempio di questa nuova estensione, prenderemo spunto dal primo caso trattato in precedenza nella Sezione 4.1.

Codice 4.1: Esempio per la sintassi

```
Policy example < permit-overrides
  target: equal("Bob",name/id) &&  equal("read", action/id)
  rules:
    Rule access (
      permit  target:  less-than(status/counter, 2))
    obl:
     [ permit M add(counter, 1)]
>

PAS {
 Combined Decision : false ;
 Extended Indeterminate : false ;
 Java Package : "example" ;
 Requests To Evaluate : Request_example ;
 pep:  deny-biased
 pdp:  deny-unless-permit
 status: [(int counter = 0)]
 include example
}
```

In questo esempio (Codice 4.1) si può vedere come nel PAS è stato definito uno stato, con al suo interno uno solo attributo inizializzato con valore 0. Successivamente si può notare nella *Rule* che viene fatto un controllo sul valore di quest'attributo. Infine nella *Obligation* si può notare come viene aggiornato lo stato dell'attributo in base al risultato della valutazione della *Rule*.

4.4 FORMALIZZAZIONE DEI CASE STUDY

Queste nuove funzionalità introdotte servono allo scopo descritto in Sezione 2.2, ovvero l'implementazione di un nuovo modello chiamato *Usage Control*. In questi due semplici casi di studio lo stato gioca un ruolo fondamentale, in quanto il sistema di access control, per poter soddisfare requisiti di consistenza deve tener traccia del comportamento passato. Mostreremo ora l'implementazione in FACPL dei due esempi trattati in Sezione 2.3. Per comodità è usata la sintassi del plugin di Eclipse, che differisce leggermente da quella presentata in 4.2.

4.4.1 *Accesso ai file*

Il primo esempio in Sezione 2.3 poneva una regola sull'accesso ai file, ovvero permetteva un massimo di due persone in contemporanea che

potevano effettuare l'accesso in lettura oppure un massimo di una persona che poteva ottenere l'accesso in scrittura.

Tutte le policy che saranno mostrate in questa sezione sono incluse in un *PolicySet* che racchiude al suo interno un espressione di tipo target, mostrata in Codice 4.2.

Codice 4.2: Target PolicySet

```
1  PolicySet ReadWrite_Policy {  deny-unless-permit
     target:  equal ( "Bob" , name / id ) && ("Alice, name/id")
```

Il target del PolicySet `ReadWrite_Policy` verifica che le richieste provengano da utenti che hanno nome *Alice* o *Bob*, in caso contrario il responso sarà `Not Applicable`.

Successivamente sono state scritte quattro policy per gestire le quattro operazioni possibili, ovvero `read`, `write`, `stopRead` ed infine `stopWrite`.

Prendiamo in considerazione la policy mostrata in Codice 4.3, ovvero quella per la `write`. Come prima è presente un target, che richiede questa volta due diverse condizioni, la prima riguarda l'id del file richiesto, la seconda invece richiede che l'azione sia `write`. Le parti interessanti di questa policy sono due, la prima riguarda la *Rule*, la seconda la *Obligation*.

La *Rule* restituisce `permit` se le due condizioni dell'equal sono vere; come si può facilmente notare l'operazione di confronto non viene fatta tra una stringa ed un normale attributo, ma tra una stringa ed uno *Status Attribute*.

L'ultima cosa da notare è l'unica *Obligation* presente per questa policy. Questo tipo particolare di *Obligation* ha sempre al suo interno un'azione che verrà eseguita dal PEP; questa volta però non sarà una semplice azione come scrivere un log o mandare una mail: l'azione andrà a modificare lo stato del sistema, mettendo il valore `true` all'attributo *isWriting*.

Codice 4.3: Policy Write

```
4   PolicySet Write_Policy {  deny-unless-permit
      target: equal("file", file/id) && ("write", action/id)
6     policies:
       Rule write (  permit  target:
8       equal ( status / isWriting , false ) &&
        equal ( status / counterReadFile1, 0)
10     )
      obl:
12   [  permit M  flagStatus(isWriting, true) ]
    }
```

Successivamente si prende in considerazione la policy per l'operazione `stopWrite`, mostrata in Codice 4.4.

Codice 4.4: Policy StopWrite

```
PolicySet StopWrite_Policy {  deny-unless-permit
  target: equal("file", file/id) && ("stopWrite", action/id)
  policies:
    Rule stopWrite (  permit  target:
      equal ( status / isWriting , true )
    )
  obl:
 [  permit M  flagStatus(isWriting, false) ]
}
```

Il target definito da questa policy è molto simile a quello precedente, la differenza è nella seconda parte: in questo caso l'azione richiesta non è `Write`, ma `StopWrite`.

Come prima c'è una *Rule* all'interno che esegue un confronto tra uno *Status Attribute* ed un valore, in questo caso `true`. Questo confronto in questo caso serve per verificare la reale presenza di uno scrittore al momento della richiesta. Nel caso fosse presente, e quindi la regola restituisse `true`, viene eseguita la Obligation Status che si occupa della modifica dello stato. Le altre policy, per definire le restanti due operazioni, sono analoghe a quelle appena descritte e si possono trovare in Codice A.1.

Valutazione

Prendiamo ora una serie di richieste ed analizziamone la loro valutazione.

Codice 4.5: Richieste del primo esempio

```
Request:{ Request1
 (name / id , "Alice")
 (action / id, "read")
 (file / id, "file1")
}
Request:{ Request2
 (name / id , "Bob")
 (action / id, "Write")
 (file / id, "file1")
}
Request:{ Request3
 (name / id , "Bob")
 (action / id, "read")
 (file / id, "file1")
}
```

```
16  Request:{ Request4
    (name / id , "Alice")
18  (action / id, "stopRead")
    (file / id, "file1")
20 }
    Request:{ Request4
22  (name / id , "Bob")
    (action / id, "stopRead")
24  (file / id, "file1")
   }
26  Request:{ Request6
    (name / id , "Alice")
28  (action / id, "write")
    (file / id, "file1")
30 }
```

La prima richiesta proviene da Alice, e sarà una lettura sul file1; la successiva proviene da Bob: è sempre sul file1, ma l'azione richiesta è di scrittura. Le altre sono analoghe.

L'output di queste richieste è mostrato in Tabella 5. Analizziamo ora il motivo di queste decisioni. Nella prima richiesta ovviamente nessuno sta leggendo o scrivendo, quindi viene tranquillamente restituito permit. Visto che è presente una *obligation* lo stato verrà aggiornato, sommando un'unità al contatore di letture.

Tabella 5.: Risultati della valutazione

	Risultato	**Stato Prima**	**Stato dopo**
Richiesta 1	*PERMIT*	isWriting = false CounterReadFile1 = 0	isWriting = false CounterReadFile1 = 1
Richiesta 2	*DENY*	isWriting = false CounterReadFile1 = 1	isWriting = false CounterReadFile1 = 1
Richiesta 3	*PERMIT*	isWriting = false CounterReadFile1 = 1	isWriting = false CounterReadFile1 = 2
Richiesta 4	*PERMIT*	isWriting = false CounterReadFile1 = 2	isWriting = false CounterReadFile1 = 1
Richiesta 5	*PERMIT*	isWriting = false CounterReadFile1 = 1	isWriting = false CounterReadFile1 = 0
Richiesta 6	*PERMIT*	isWriting = false CounterReadFile1 = 0	isWriting = true CounterReadFile1 = 0

Alla seconda richiesta l'utente richiede la scrittura, che gli viene negata perché c'è già qualcuno che sta leggendo; però lo stesso utente effettua

un'altra richiesta, questa volta in lettura, che gli viene concessa. La quarta e la quinta richiesta vengono fatte per avvisare il sistema che la lettura è terminata, ovviamente la risposta è permit, e la *obligation* corrispondente decrementerà il contatore. La sesta ed ultima richiesta è una scrittura, che questa volta viene permessa, poiché nessuno sta scrivendo o leggendo.

4.4.2 *Noleggio e acquisto di contenuti*

In questo secondo esempio analizzeremo il caso di un'azienda di distribuzione di contenuti multimediali che vuole regolare l'accesso di quest'ultimi attraverso policy. Faremo un breve esempio con un solo file e due utenti; uno dei due utenti comprerà il file, l'altro lo noleggierà a tempo determinato. Nel Codice 4.6 vengono mostrate solo una parte delle policy presenti nel Codice completo A.2 mostrato in Appendice A.

Codice 4.6: Codice FACPL del secondo caso di studio

```
PolicySet Negozio {  deny-unless-permit
  target:  equal ( "Bob" , name / id ) || ("Alice, name/id")
  policies:

  PolicySet Buy_Policy {  deny-unless-permit
    target: equal("file1", file/id) && ("buy", action/id)
    policies:
      Rule alice_buy (  permit  target: (
        equal ( action / id , "buy" ) &&
        equal ( name / id, "Alice"))
        obl:
         [  permit M  setString("accessTypeAlice", "BUY") ]
       )
      Rule bob_buy (  permit  target: (
        equal ( action / id , "buy" ) &&
        equal ( name / id, "Alice"))
        obl:
         [  permit M  setString("accessTypeBob", "BUY") ]
       )
 }

  PolicySet NUMBER_Policy {  deny-unless-permit
    target: equal("file1", file/id) && ("number", action/id)
    policies:
      Rule alice_buy (  permit  target: (
        equal ( action / id , "number" ) &&
        equal ( name / id, "Alice"))
        obl:
         [  permit M  setString("accessTypeAlice", "NUMBER") ]
```

```
30          [  permit M  addStatus("aliceFile1viewNumber", 2) ]
        )
32      Rule bob_buy (  permit  target: (
          equal ( action / id , "number" ) &&
34        equal ( name / id, "Alice"))
          obl:
36        [  permit M  setString("accessTypeBob", "NUMBER") ]
          [  permit M  addStatus("bobFile1viewNumber", 2) ]
38      )
  }
```

Queste due policy, e anche le altre che non sono state mostrate, sono racchiuse tutte all'interno del *Policy Set* Negozio il quale come prima cosa verifica se chi ha fatto la richiesta ha un determinato nome, in questo caso *Bob* o *Alice*.

Successivamente, se uno dei due effettua la richiesta di `BUY`, ovvero l'acquisto senza alcun tipo di limitazione, si entra nella prima policy e, tramite le *Obligation*, si cambia l'attributo di stato. Invece, se un utente decidesse di effettuare il noleggio con la modalità dove si limita il numero di visioni si entrerebbe nella seconda *Policy Set*, la quale attraverso *Obligations* aumenterà il numero di visioni di due unità. Analogo è il caso del noleggio a tempo.

Per disciplinare la visione è presente un altro *Policy Set*, mostrato anch'esso parzialmente in codice 4.7.

Codice 4.7: Codice FACPL del secondo caso di studio

```
1   PolicySet VIEW {  deny-unless-permit
      target: equal("file1", file/id) && ("view", action/id)
3     policies:
        Rule buy (  permit  target: (
5         equal ( status / accessTypeBob , "BUY" ) &&
          equal ( status / accessTypeAlice, "BUY"))
7       )
        Rule number_alice (  permit  target: (
9         equal ( status / accessTypeAlice, "NUMBER" ) &&
          equal ( name / id, "Alice") &&
             greater-than( status / aliceFile1viewNumber, 0))
11        obl:
          [  permit M  subStatus("aliceFile1viewNumber", 1) ]
13      )
```

Valutazione

Mostriamo ora in Codice 4.8 alcune richieste che possono essere fatte al sistema ed analizziamo le risposte che produrranno. In Tabella 6 è mostrato un quadro riassuntivo del risultato delle richieste.

Codice 4.8: Richieste del Secondo Esempio

```
Request:{ Request1
 (name / id , "Alice")
 (action / id, "view")
 (file / id, "file1")
}

Request:{ Request2
 (name / id , "Bob")
 (action / id, "view")
 (file / id, "file1")
}

Request:{ Request3
 (name / id , "Alice")
 (action / id, "Buy")
 (file / id, "file1")
}
Request:{ Request4
 (name / id , "Alice")
 (action / id, "view")
 (file / id, "file1")
}

Request:{ Request4
 (name / id , "Bob")
 (action / id, "Time")
 (file / id, "file1")
}

Request:{ Request6
 (name / id , "Bob")
 (action / id, "view")
 (file / id, "file1")
}
```

La prima e la seconda richiesta sono richieste di visione, che ovviamente restituiranno entrambe deny, in quanto lo stato del sistema non è stato modificato da nessuno poiché nè Alice nè Bob hanno effettuato acquisti o noleggi. Successivamente Alice effettuerà un acquisto, e quindi tramite la Obligation Status verrà modificato lo stato del sistema, accreditando

così l'acquisto. Dopo aver effettuato questa richiesta Alice ne effettua un'altra, questa volta di visione. A questo punto la policy che disciplina quest'ultima richiesta di Alice effettua una verifica dello *Status Attribute AccessTypeAlice*, e visto che lo trova cambiato dalla precedente richiesta di acquisto permette la visione. Bob, a cui all'inizio era stata negata la visione, effettuerà una richiesta di noleggio e quindi cambierà lo stato. Dopo, sempre Bob, richiede la visione. Il risultato di entrambe sarà ovviamente permit.

Tabella 6.: Riassunto Valutazione

	Risultato	**Stato Prima**	**Stato dopo**
Richiesta 1	*DENY*	AccessTypeAlice = null AccessTypeBob = null	AccessTypeAlice = null AccessTypeBob = null
Richiesta 2	*DENY*	AccessTypeAlice = null AccessTypeBob = null	AccessTypeAlice = null AccessTypeBob = null
Richiesta 3	*PERMIT*	AccessTypeAlice = null AccessTypeBob = null	AccessTypeAlice = BUY AccessTypeBob = null
Richiesta 4	*PERMIT*	AccessTypeAlice = BUY AccessTypeBob = null	AccessTypeAlice = BUY AccessTypeBob = null
Richiesta 5	*PERMIT*	AccessTypeAlice = BUY AccessTypeBob = null	AccessTypeAlice = BUY AccessTypeBob = TIME BobFile1Expiration = 2016/04/22
Richiesta 6	*PERMIT*	AccessTypeAlice = BUY AccessTypeBob = TIME BobFile1Expiration = 2016/04/22	AccessTypeAlice = BUY AccessTypeBob = TIME BobFile1Expiration = 2016/04/22

Tabella 4.: Sintassi di FACPL$_{PB}$

Policy Authorisation Systems	*PAS* ::=	(pep : *EnfAlg* pdp : *PDP* status : [*Attribute*])
Attribute	*Attribute* ::=	(*Type Identifier* (= Value)$^{?}$)
Type	*Type* ::=	int | boolean | date | double
Enforcement algorithms	*EnfAlg* ::=	base | deny-biased | permit-biased
Policy Decision Points	*PDP* ::=	{*Alg* policies : *Policy*$^{+}$}
Combining algorithms	*Alg* ::=	p-over | d-over | d-unless-p | p-unless-d | first-app | one-app | weak-con | strong-con
Policies	*Policy* ::=	(*Effect* target : Expr obl : *Obligation**) | {*Alg* target : Expr policies : *Policy*$^{+}$ obl : *Obligation** }
Effects	*Effect* ::=	permit | deny
Obligations	*Obligation* ::=	[*Effect ObType* PepAction(Expr*)]
PepAction	*PepAction* ::=	add(*Attribute*, *int*) | flag(*Attribute*, *boolean*) | sumDate(*Attribute*, *date*) | div(*Attribute*, *int*) | add(*Attribute*, *double*) | mul(*Attribute*, *double*) | mul(*Attribute*, *int*) | div(*Attribute*, *double*) | sub(*Attribute*, *int*) | sub(*Attribute*, *double*) | sumString(*Attribute*, *string*) | setValue(*Attribute*, *string*) | setDate(*Attribute*, *date*)
Obligation Types	*ObType* ::=	M | O
Expressions	*Expr* ::=	*Name* | *Value* | and(*Expr*, *Expr*) | or(*Expr*, *Expr*) | not(*Expr*) | equal(*Expr*, *Expr*) | in(*Expr*, *Expr*) | greater-than(*Expr*, *Expr*) | add(*Expr*, *Expr*) | subtract(*Expr*, *Expr*) | divide(*Expr*, *Expr*) | multiply(*Expr*, *Expr*) | less-than(*Expr*, *Expr*)
Attribute Names	*Name* ::=	*Identifier*/*Identifier* | status/*Identifier*
Literal Values	*Value* ::=	true | false | *Double* | *String* | *Date*
Requests	*Request* ::=	(*Name*, *Value*)$^{+}$

5

ESTENSIONE DELLA LIBRERIA FACPL

Il linguaggio FACPL è supportato da una libreria Java. Per supportare l'estensione proposta abbiamo esteso questa libreria. Per ovvi motivi verranno mostrate solo alcune parti delle modifiche effettuate, ma il codice completo si può comunque trovare su GitHub all'url `https://github.com/andreamargheri/FACPL`.

In Sezione 5.1 è presentata l'implementazione in Java dello stato e degli attributi di stato. Lo stato ha richiesto anche l'implementazione di altre componenti come le funzioni per modificare gli attributi e l'estensione del PEP. Nella Sezione 5.2 è trattata l'estensione delle politiche. In particolare si parla di come è stato possibile effettuare comparazioni su attributi di stato e di come sono state estese le obligation. In Sezione 5.3 viene mostrato come è stato esteso il plugin di FACPL per supportare le nuove estensioni. Infine, in Sezione 5.4, vengono presentati in Java i case study già proposti in 2.3 e 4.4

5.1 IMPLEMENTAZIONE STATO

Il primo passo per estendere la libreria è stato la creazione di uno *Status*, che è modellato da una semplice classe di cui ne verrà mostrato un pezzo in Codice 5.1. Il fulcro di questa classe è una Hashmap con key parametrizzata a *Status Attribute* e valore corrispondente parametrizzato ad Object. Questa Hashmap associa quindi ad uno *Status Attribute* il suo valore corrispondente.

Codice 5.1: Stralcio della classe Status

```
public class FacplStatus {
  private String statusID;
  private HashMap<StatusAttribute,Object> status;
  public FacplStatus(String statusID) {
    this.status = new HashMap<StatusAttribute,Object>();
```

```
6       this.statusID = statusID;
    }
```

In Figura 10 è possibile vedere la relazione che intecorre tra lo stato ed i suoi attributi.

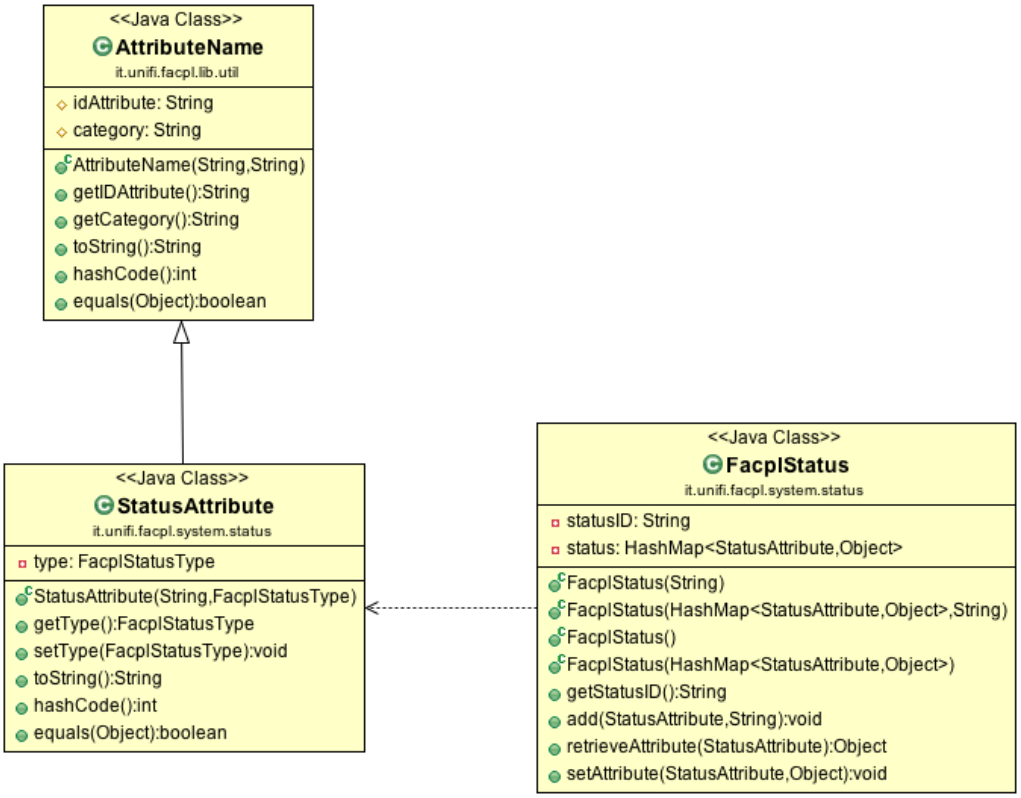

Figura 10: Grafico UML delle classi Status e StatusAttribute

Come si vede dal grafico UML in Figura 10 la classe che modella lo stato include altri due metodi non mostrati in Codice 5.1. Per via dei rispettivi nomi i metodi risultano abbastanza autoesplicativi, per questo ne verrà mostrato solo uno in Codice 5.2.

Codice 5.2: Set Attribute della classe Status

```
32  public void setAttribute(StatusAttribute attribute, Object o)
        throws MissingAttributeException {
      Object v = this.status.get(attribute);
34    if (v == null){
        throw new MissingAttributeException("attribute doesn't exist in the
            current status");
36    } else{ this.status.put(attribute, o); }
```

```
}
```

5.1.1 *Status Attribute*

Uno Status Attribute è un tipo particolare di attributo. Come si può vedere dalla Figura 10 per creare questo nuovo tipo è stata estesa una classe già esistente, ovvero quella che rappresenta gli attributi normali.

Codice 5.3: Classe Status Attribute

```
public class StatusAttribute extends AttributeName {
  private FacplStatusType type;
  public StatusAttribute(String id, FacplStatusType type) {
    super(id,"status");
    this.type = type;
  }
```

Nel Codice 5.3 è possibile vedere il costruttore e i campi di questa nuova classe. In aggiunta agli attributi normali è stato aggiunto un Tipo, che può essere:

- Int
- String
- Date
- Boolean
- Double

Il costruttore riceve due parametri: l'ID e il tipo. In questo metodo viene invocato il costruttore della superclasse dove gli viene passata una categoria fissata, ovvero *Status* e l'ID.

5.1.2 *Funzioni su Status Attribute*

Le funzioni sugli status attribute sono operazioni che ne vanno a modificare il valore. Derivano tutte da un unica interfaccia mostrata in Codice 5.4, che avrà come unico metodo quello che eseguirà la vera e propria operazione.

Codice 5.4: Interfaccia per le operazioni

```
public interface IExpressionFunctionStatus {
  public void evaluateFunction(List<Object> args) throws Throwable;
}
```

Dal grafico UML in Figura 11 si vede chiaramente che ci sono due grandi gerarchie di classi: quelle che fanno operazioni sui numeri e quelle che fanno operazioni sulle stringhe. Per eseguire un'operazione è sufficiente istanziare una classe che estende *StringOperationStatus* o *MathOperationStatus*, e chiamare l'unico metodo definito nell'interfaccia in Codice 5.4 passandogli i parametri corretti. La sottoclasse istanziata eredita il metodo *evaluateFunction* dalla superclasse ed implementa il metodo astratto *op*. Il metodo *evaluateFunction* implementato nella superclasse, in base ai parametri che gli vengono passati, si fa restituire da una factory, in base al tipo del attributo, il valutatore corretto che passerà a sua volta al metodo astratto *op*. Il valutatore è una classe dove è scritto il codice Java che eseguirà l'operazione vera e propria. Nel Codice 5.5 viene mostrata la sottoclasse che si occupa della somma su numeri. Si nota subito che questa è una sottoclasse di *MathOperationStatus* e che implementa solo il metodo *op*.

Codice 5.5: Add Status

```
public class AddStatus extends MathOperationStatus {
  @Override
  protected void op(ArithmeticEvaluatorStatus ev, StatusAttribute
      s1, Object o2) throws Throwable {
    ev.add(s1, o2);
  }
}
```

La ragione dietro la verbosità creata dall'utilizzo di un valutatore, oltre che da una moltitudine di classi e sottoclassi, potrebbe sembrare superflua; ciononostante quest'ultima è una scelta lungimirante, in quanto in futuro sarà più agevole implementare nuovi tipi di attributo e relative funzioni su di essi.

5.1.3 *Estensione del PEP*

La struttura del PEP è rimasta pressoché uguale in quanto non è stato esteso, bensì modificato. In seguito alla valutazione di una policy il PDP

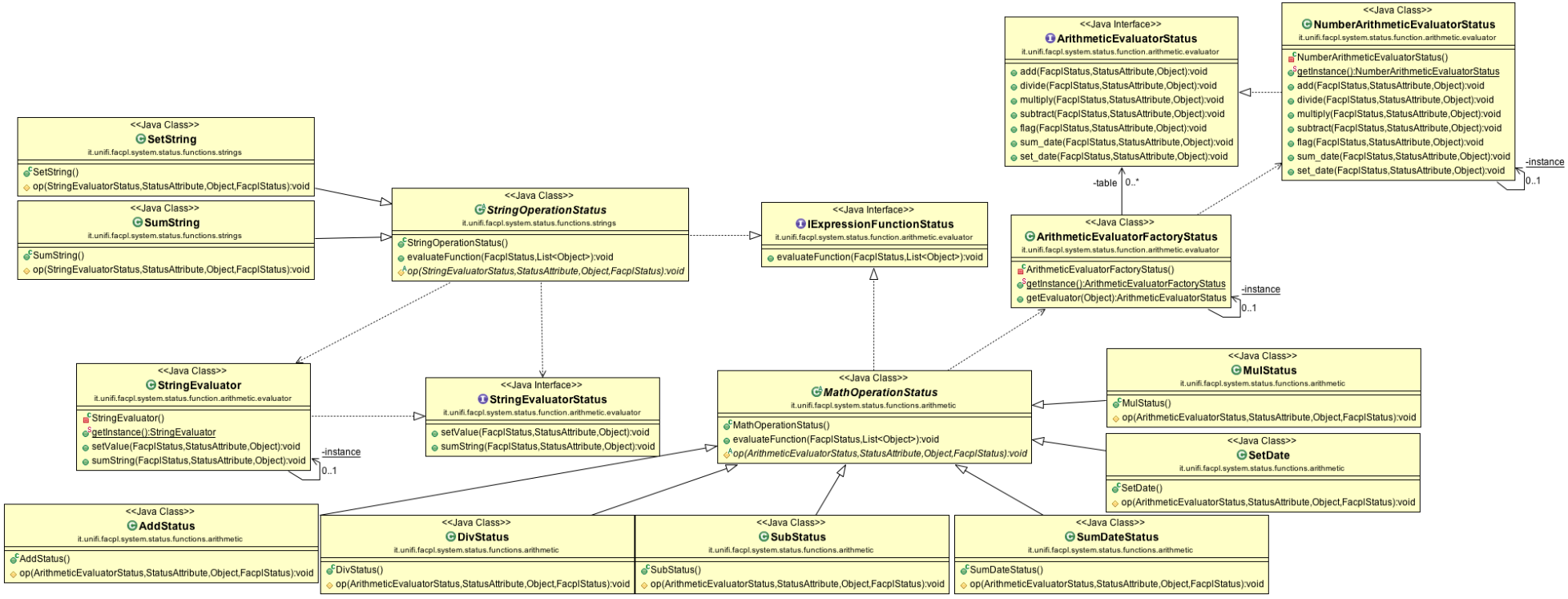

Figura 11: Grafico UML per la gerarchia di funzioni aritmetiche

darà una risposta, su questa risposta il PEP dovrà effettuare il suo processo di enforcement. Durante questo processo vengono valutate le *Obligation* in modo che l'operazione al loro interno sia eseguita; il metodo che effettua questo compito è *dischargeObligation*. La modifica ha coinvolto proprio quest'ultimo, in quanto è bastato aggiungere un *else if*, mostrato in Codice 5.12, a quelli già presenti.

Codice 5.6: Discharge delle Fulfilled Obligation di stato

```
102     else if (obl instanceof FulfilledObligationStatus) {
          obl = (FulfilledObligationStatus) obl;
104       obl.evaluateObl();
        }
```

In questo modo vengono prese in considerazione anche le nuove Obligation Status, quindi ora il PEP, durante il suo processo di enforcement, riuscendo ad eseguire questo nuovo tipo di Obligation potrà modificare lo stato.

5.2 ESTENSIONE DELLE POLITICHE

Le politiche, in seguito all'estensione, vengono valutate basandosi anche sullo stato indi per cui si è reso necessario estendere il contesto intorno a cui sono valutate. Come mostrato in Figura 12 l'estensione del contesto si ottiene mediante la creazione di una nuova classe, a estensione di quella esistente.

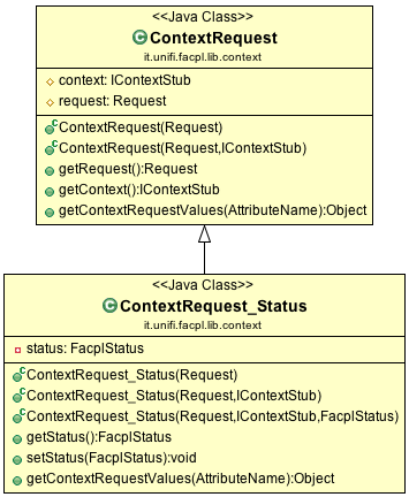

Figura 12: Contesto

La nuova classe ContextRequest_Status contiene lo stato sotto forma di campo privato. L'accesso allo stato è effettuato tramite il metodo getContextRequestValue (Codice 5.7), che in questa sottoclasse è stato riscritto.

Codice 5.7: Discharge delle Fulfilled Obligation di stato

```
  @Override
38 public Object getContextRequestValues(AttributeName name) throws
       MissingAttributeException {
     Logger l = LoggerFactory.getLogger(ContextRequest_Status.class);
40   if (name instanceof StatusAttribute) {
       if (status != null) {
42       try {
           return this.status.retrieveAttribute((StatusAttribute)
               name);
44       } catch (MissingAttributeException e) {
           l.debug("Throw MissingAttributeExcepion for " +
               name.toString() + "Status is missing");
46         throw new MissingAttributeException();
         }
48     } else {
         l.debug("Throw MissingAttributeExcepion for " +
             name.toString() + "Status is missing");
50       throw new MissingAttributeException();
       }
52   }else {
       return super.getContextRequestValues(name);
54   }
 }
```

Questo metodo riceve come parametro un attributo, ed in base al suo tipo andrà a cercarlo nello stato o nell'ambiente.

5.2.1 *Funzioni di controllo su status*

Il PDP per poter valutare correttamente le richieste deve avere la possibilità di comparare anche questo nuovo tipo di attributi. Raggiungere quest'obiettivo non è stato difficile in quanto la struttura era già esistente e funzionante, ed essendo i nuovi attributi soltanto un estensione di quelli creati in precedenza è stato possibile usarla senza alcun tipo di problema.

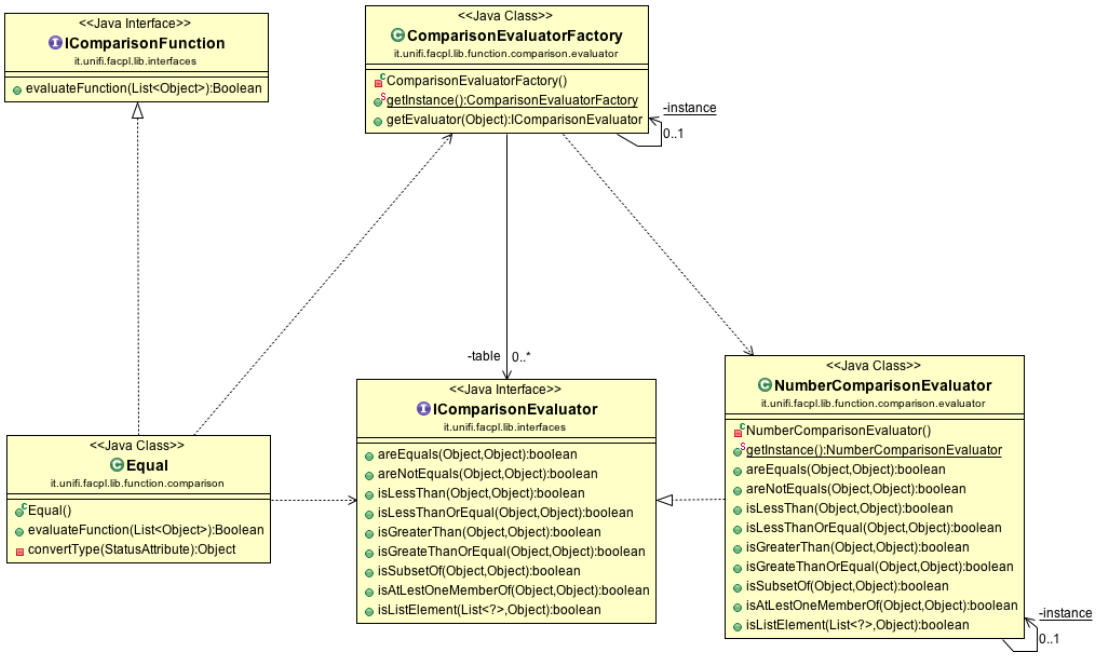

Figura 13: Comparatori

Come nel caso delle funzioni di modifica dello stato, la struttura è basata su un factory che ritorna il valutatore corretto in base al tipo su cui deve essere effettuato il confronto.

5.2.2 *Obligation*

Le *Obligation* sono state estese introducendo un nuovo tipo chiamato *Obligation Status*, questo tipo particolare di *Obligation* serve per andare ad eseguire azioni sullo stato. Nella libreria sono presenti due tipi fondamentali di *Obligation*, i primi sono quelli a livello sintattico, i secondi, chiamati *FulfilledObligations* sono quelli pronti ad essere valutati. Vediamo adesso come sono state estesi quelle a livello sintattico.

Per eseguire questa estensione è stato reso necessario un refactoring, per prima cosa è stato astratto tutto il comportamento comune in una superclasse astratta, successivamente è stata creata la nuova classe che modella questo nuovo tipo. Il refactoring ha coinvolto anche il metodo che si occupa del *Fulfilling* delle *Obligation* in quanto ora deve creare anche questo nuovo tipo, la scelta più ovvia è stata creare un metodo astratto implementato nelle due sottoclassi che viene chiamato dalla superclasse per creare il tipo corretto.

Codice 5.8: Parte rifattorizzata del metodo che si occupa del fulfilling

```
16    l.debug("Fulfilling Obligation " + this.pepAction.toString() + "...");
      AbstractFulfilledObligation obl = this.createObligation();
18    if (obl instanceof FulfilledObligationCheck) {
```

Codice 5.9: CreateObligation nelle status

```
  protected AbstractFulfilledObligation createObligation() {
18    AbstractFulfilledObligation obl = new
          FulfilledObligationStatus(this.evaluatedOn, this.typeObl,
           (IExpressionFunctionStatus) this.pepAction);
20    if (!argsStatus.isEmpty()) {
        obl.addArgStatus(argsStatus);
22    }
      return obl;
24  }
```

Codice 5.10: CreateObligation nelle normali

```
    @Override
12  protected AbstractFulfilledObligation createObligation() {
      return new FullfilledObbligation(this.evaluatedOn,
          this.typeObl, (String) this.pepAction);
14  }
```

La *Obligation* di stato necessiterà anche di argomenti su cui eseguire l'azione, che le verranno passati in fase di costruzione.

Alla fine della valutazione il PDP crea un oggetto di tipo *AuthorisationPDP* che conterrà la decisione e una lista di *FulfilledObligation*, quest'ultime poi andranno al PEP per la loro valutazione. Vediamo ora come sono state implementate.

Anche in questo caso è stato necessario un refactoring analogo a quello fatto per le prime.

Codice 5.11: Peculiarità della classe FulfilledObligationStatus

```
public class FulfilledObligationStatus extends
    AbstractFulfilledObligation {
2   private IExpressionFunctionStatus pepFunction;
    public FulfilledObligationStatus(Effect effect, ObligationType
       typeObl, IExpressionFunctionStatus pepFunction) {
4     super(effect, typeObl);
      this.pepFunction = pepFunction;
```

```
6   }
    public FulfilledObligationStatus(Effect effect, ObligationType
        typeObl,
8        Class<? extends IExpressionFunctionStatus> pepFunction) {
      super(effect, typeObl);
10  }
    @Override
12  public AbstractFulfilledObligation evaluateObl() throws Throwable
        {
      this.pepFunction.evaluateFunction(this.getArgsStatus());
14    return this;
    }
```

Come si può notare, in fase di costruzione gli verrà passato un oggetto di tipo *IExpressionFunctionStatus* che sarà l'azione che andrà a eseguire sullo stato. Quest'azione andrà realmente ad essere eseguita quando verrà chiamato dal PEP il metodo *evaluateObl*.

Il PEP nella fase di enforcement effettua la valutazione delle *Obligation*, in questo caso le modifiche per permettere al sistema di eseguirle sono state minime: è bastato modificare il metodo *DischargeObligation* in modo che quando gli viene passata una *AbstractFulfilledObligation* chiamasse il metodo *evaluateObl* .

Codice 5.12: Discharge delle Fulfilled Obligation di stato

```
102   else if (obl instanceof FulfilledObligationStatus) {
        obl = (FulfilledObligationStatus) obl;
104     obl.evaluateObl();
      }
```

5.3 PLUGIN ECLIPSE

La sintassi di FACPL è definita in Xtext. Quest ultimo è un framework, basato su Java, per lo sviluppo di linguaggi, e fa uso di Xtend per tradurre da FACPL a codice Java. XTend ha le sue radici in Java, ma si concentra maggiormente su aspetti come una sintassi più concisa ed altre funzionalità come l'inferenza sui tipi, l'overload degli operatori o l'estensione dei metodi. È principalmente un linguaggio Object-oriented, ma integra caratteristiche tipiche di un linguaggio funzionale, come ad esempio le Lambda Expression. Il sistema dei tipi di XTend è lo stesso di Java, ed è quindi statico.

Inizialmente è stata estesa la grammatica, introducendo i nuovi costrutti come lo Stato, gli *Status Attribute* e le nuove Obligation. Successivamente sono state scritte le regole di traduzione in Xtend in modo che il codice scritto in FACPL$_{PB}$ venisse tradotto in Java.

Il primo passo è stato quello di creare gli attributi e lo stato per poi integrarli nel PAS. Sono state scritte tre nuove regole di produzione mostrate in Figura 15

```
PAF:
    (status = STATUS)? 'pep:' pep=PEPAlg 'pdp:' pdp=PDP;

STATUS:
    'status:' '[' elements+= AttributeDeclaration+ ']'
;
Attribute:
    type = 'boolean' name = ID '=' x = BooleanLiteral |
    type = 'int' name = ID '=' x = IntLiteral |
    type = 'date' name = ID '=' x = (DateLiteral | TimeLiteral) |
    type = 'float' name = ID '=' x = (IntLiteral | DoubleLiteral) |
    type = 'string' name = ID '=' x = StringLiteral
;
AttributeDeclaration:
    '('att = Attribute')'
;
```

Figura 15: Regole di produzione per lo stato

La prima regola serve ad introdurre lo stato all'interno del PAS. La seconda definisce lo stato come un insieme di attributi dichiarabili. Nella terza regola sono definiti gli attributi, i quali avranno un tipo, un nome ed un valore. La quarta regola invece sono gli attributi dichiarabili, ovvero degli attributi racchiusi tra parentesi tonde.

Lo step successivo è stato estendere le Obligation e le espressioni. Per estendere le obligation è stato necessario modificare la regola ed introdurre nuove funzioni. Per introdurre la valutazione degli *Status Attribute* è stata estesa la regola Function. Tutte queste modifiche sono mostrate in Figura 16.

```
PepFunction:
     name = 'add-status''('att = [Attribute]',' value =  IntLiteral')' |
     name ='add-status''('att = [Attribute]','value =DoubleLiteral')' |
     name ='sub-status''('att = [Attribute]','value =IntLiteral')' |
     name ='sub-status''('att = [Attribute]','value =DoubleLiteral')' |
     name ='div-status''('att = [Attribute]',' value =IntLiteral')' |
     name ='div-status''('att = [Attribute]','value =DoubleLiteral')' |
     [...]
;
Obligation:
    '[' EvaluetedOn=Effect typeObl=('M' | 'O')

     (((pepAction=ID '(' (expr+=Expression (',' expr+=Expression)*)* ')') | function = PepFunction)
     )
     ']'
    ;
Function:
    functionId=funID '(' ((arg1=Expression) | ('status''/'att1 = [Attribute])) ',' ((arg2=Expression) |
        ('status''/'att2 = [Attribute])
    ) ')';
```

Figura 16: Regole di produzione per obligation e le espressioni

Dopo aver esteso la grammatica sono state estese anche le regole di traduzione. Mostriamo ora com'è stato realizzato lo stato. Chiamando la funzione in Figura 17 verrà generata una sequenza di caratteri che verrà successivamente scritta su un file Java, creando così la classe che andrà a definire lo stato.

```
def CharSequence compileStatus(MainFacpl main)'''
«IF packageName != ""»package «packageName»«ENDIF»
import java.util.HashMap;
import it.unifi.facpl.lib.enums.FacplStatusType;
import it.unifi.facpl.system.status.FacplStatus;
import it.unifi.facpl.system.status.StatusAttribute;

public class Status1 {

    private static FacplStatus status;

    public Status1() {
    }

    public FacplStatus getStatus() {
        if (status == null) {
            HashMap<StatusAttribute, Object> attributes = new HashMap<StatusAttribute, Object>();
            «FOR p : main.paf.status.elements»
            attributes.put(new StatusAttribute("«p.att.name»", FacplStatusType.«getAttributeType(p.att.type)»), «p.att.x.expression»);
            «ENDFOR»
            status = new FacplStatus(attributes, this.getClass().getName());
            return status;
        }
        return status;
    }
}

'''
```

Figura 17: Stato in Xtend

Lo stato è formato da una hashmap contentente una serie di attributi. Ovviamente quest'ultimi saranno l'unica parte variabile di questa classe, quindi per far sì che vengano ogni volta aggiunti in modo corretto è presente un ciclo che scorre i vari attributi e per ognuno di essi genera il codice Java necessario per istanziarli.

Il plugin si presenta come in Figura 18. Le funzionalità di questo plugin sono proprie di un ambiente di sviluppo, in quanto offre l'autocompletamento e il syntax highlighting.

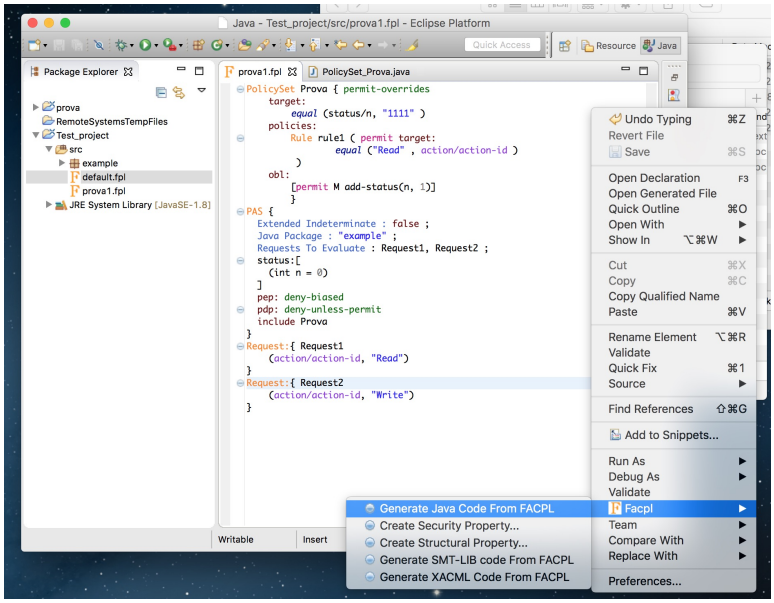

Figura 18: Plugin di FACPL

5.4 ESEMPI

In questa sezione vengono ripresi i casi di studio già dicussi in Sezione 4.4 mostrando com'è il loro corrispettivo in Java. Per facilitare la lettura verrà proposto una parte del codice in Java degli esempi, il codice completo si può trovare in Appendice A.

5.4.1 *Gestione lettura e scrittura di file*

Il punto di partenza del sistema è la classe dov'è contenuto il metodo Main; quest'ultima rappresenta il punto dove il PDP e PEP vengono inizializzati e preparati all'esecuzione. In questa classe vengono inizializzati gli oggetti che modellano le policy e le richieste.

Le richieste sono modellate da una serie di classi che accolgono al loro interno un contesto, lo stato e diverse Hashmap. Ognuna di queste contiene gli attributi di una determinata categoria che il richiedente manda al sistema e che saranno valutati dalle policy. In Codice 5.13 si

può vedere come è fatta una richiesta, in particolare la seconda di Codice 4.5.

Codice 5.13: Esempio di richiesta

```
public class ContextRequest_WriteRequestBob {
 private static ContextRequest_Status CxtReq;
 public static ContextRequest_Status getContextReq() {
  if (CxtReq != null) {
   return CxtReq;
  }
  HashMap<String, Object> req_category_attribute_name = new
      HashMap<String, Object>();
  HashMap<String, Object> req_category_attribute_action = new
      HashMap<String, Object>();
  HashMap<String, Object> req_category_attribute_file = new
      HashMap<String, Object>();
  req_category_attribute_name.put("id", "Bob");
  req_category_attribute_action.put("id", "write");
  req_category_attribute_file.put("id", "file1");
  Request req = new Request("write_request");
  req.addAttribute("name", req_category_attribute_name);
  req.addAttribute("action", req_category_attribute_action);
  req.addAttribute("file", req_category_attribute_file);
  CxtReq = new ContextRequest_Status(req,
      ContextStub_Default.getInstance());
  StatusRW st = new StatusRW();
  CxtReq.setStatus(st.getStatus());
  return CxtReq;
 }

}
```

Le Hashmap in questo caso sono tre, una per la categoria Name, una per Action e l'ultima per la categoria File.

Lo stato, contenuto all'interno della richiesta è rappresentato da una classe mostrata in Codice 5.14. Questa classe utilizza il pattern singleton per far si che ne esista una sola istanza in tutta l'esecuzione.

Codice 5.14: Esempio di stato

```
public class StatusRW {

private FacplStatus status;

 public StatusRW() {
  HashMap<StatusAttribute, Object> attributes = new
```

```
        HashMap<StatusAttribute, Object>();
    attributes.put(new StatusAttribute("isWriting",
        FacplStatusType.BOOLEAN), false);
    attributes.put(new StatusAttribute("counterReadFile1",
        FacplStatusType.INT), 0);
    attributes.put(new StatusAttribute("counterReadFile2",
        FacplStatusType.INT), 0);
    status = new FacplStatus(attributes, this.getClass().getName());
  }
  public FacplStatus getStatus() {
    return status;
  }
}
```

Come la classe per modellare le richieste, lo stato utilizza una Hashmap per contenere gli attributi.

La policy è definita estendendo una classe astratta presente nella libreria. Per aggiungere tutti gli elementi è sufficiente istanziarli e usare i metodi ereditati per inserirli al suo interno. La Policy *Write* in Codice 4.3 ha al suo interno un target, una obligation ed una Rule; vediamo, in Codice 5.15, com'è il suo corrispettivo in Java.

Codice 5.15: Policy Write

```
  private class PolicySet_Write extends PolicySet {
    public PolicySet_Write() {
      addId("Write_Policy");
      addCombiningAlg(
        it.unifi.facpl.lib.algorithm.DenyUnlessPermitGreedy.class);
      ExpressionFunction e1 = new ExpressionFunction(comparison.Equal.class,
         "file1",
         new AttributeName("file", "id")
         );
      ExpressionFunction e2 = new ExpressionFunction(comparison.Equal.class,
         "write",
         new AttributeName("action", "id")
         );
      ExpressionBooleanTree ebt = new
          ExpressionBooleanTree(ExprBooleanConnector.AND, e1, e2);
      addTarget(ebt);
      addPolicyElement(new Rule_write());
      addObligation(new ObligationStatus(new FlagStatus(), Effect.PERMIT,
          ObligationType.M,
         new StatusAttribute("isWriting", FacplStatusType.BOOLEAN), true));
    }
    private class Rule_write extends Rule {
      Rule_write() {
```

```
38        addId("write");
          addEffect(Effect.PERMIT);
40        ExpressionFunction e1=
          new ExpressionFunction(comparison.Equal.class,
42                  new StatusAttribute("isWriting", FacplStatusType.BOOLEAN),
             false);
44        ExpressionFunction e2=
          new ExpressionFunction(comparison.Equal.class,
46                 new StatusAttribute("counterReadFile1", FacplStatusType.INT),
             0);
48        ExpressionBooleanTree ebt =
           new ExpressionBooleanTree(ExprBooleanConnector.AND, e1, e2);
50        addTarget(ebt);
       }
52    }
   }
```

Questa classe, come detto in precedenza, estende una classe già esistente nella libreria, ovvero la classe PolicySet. In questo caso gli elementi che caratterizzano la Policy sono tre: il target, l'obligation e la rule al suo interno. I primi due vengono istanziati e aggiunti tramite metodi ereditati senza alcun problema. Per la rule invece il discorso è un po' più complicato, in quanto viene creata una classe annidata del tutto analoga a quella creata per la policy. Dopo aver creato questa classe viene semplicemente aggiunta un'istanza di essa attraverso un metodo ereditato.

6

CONCLUSIONI

Durante questa tesi è stato affrontato il lavoro di implementazione di *Usage Control* in FACPL. Come primo compito ci siamo occupati di analizzare i principali modelli dedicati all'*Access Control* e successivamente è seguita una fase di approfondimento sul modello *Usage Control* proposto da Sandhu e Park.

Il lavoro è proseguito con una disamina sul linguaggio FACPL in modo da comprendere al meglio la sintassi, la sematica e soprattutto il processo di valutazione, ciò ha permesso di sapere come, e dove, intervenire per implementare il concetto di *Status* e tutto ciò che conseguentemente deriva da esso, come nuovi attributi, nuove obligation e funzioni per operare su attributi.

Nella sintassi estesa sono state aggiunte nuove regole di produzione e ne sono state modificate alcune. Quelle modificate includono la definizione del sistema, mentre quelle aggiunte riguardano nuove funzioni ed un nuovo tipo di attributo, chiamato *Status Attribute*. Successivamente è stato svolto del lavoro sulla libreria Java per implementare queste nuove caratteristiche.

Nel Capitolo 5 viene descritta l'implementazione delle nuove caratteristiche del linguaggio in Java. All'inizio del Capitolo viene descritta l'implementazione dello *Status* e di conseguenza degli *Status Attribute*. Successivamente è stata necessaria l'implementazione delle funzioni per la modifica di questi attributi in modo da poter cambiare lo stato con l'avanzare delle valutazioni delle richieste. L'estensione ha coinvolto anche il PEP in quanto deve valutare un nuovo tipo di Obligation, ovvero le Obligation Status. La differenza con le Obligation normali risiede nel fatto che le Obligation Status possono eseguire le funzioni per la modifica dello stato mostrate all'inizio del capitolo. Durante la valutazione di una richiesta devono essere valutati anche gli attributi di stato. Permettere la valutazione di quest'ultimi da parte delle funzioni già esistenti è stato abbastanza semplice, poiché è bastato estendere la classe che implementa il

contesto in modo tale che faccia la ricerca degli attributi anche all'interno dello stato.

Il lavoro di estensione della libreria è stato svolto insieme al mio collega Filippo Mameli. La tesi del mio collega parla di come è stato possibile implementare in FACPL, grazie anche alle estensioni di cui parla questa tesi, un monitor a runtime per il supporto al controllo continuativo degli accessi ridefinendo, con un'ulteriore modifica, il processo di valutazione proposto nel Capitolo 4. Il processo è stato esteso attraverso un nuovo tipo di Obligation, chiamate *Check*, che contengono al loro interno delle condizioni su attributi. Queste nuove Obligation permettono di non passare dal PDP fintanto che le condizioni all'interno di esse vengono rispettate, ottenendo così anche un vantaggio in termini prestazionali. L'approccio risulta differente poiché in questo elaborato viene analizzato solo l'aspetto riguardante il comportamento passato del sistema, mentre nell'elaborato del mio collega viene trattato l'aspetto riguardante il controllo continuativo delle risorse.

6.1 SVILUPPI FUTURI

Gli esempi mostrati durante questa tesi sono basilari, e fondamentalmente sono stati scritti con il solo scopo di provare il funzionamento delle nuove funzionalità di FACPL. Potrebbe risultare interessante applicare FACPL a casi di studio reali, in modo da poterne verificare le potenzialità sul campo.

Durante lo sviluppo sono stati implementati solo alcuni tipi di dato e relative funzioni su di essi, in futuro sarebbe facilmente possibile implementarne di nuovi in quanto la libreria è stata progettata per favorirne la rapida e semplice estendibilità. Per esempio potrebbe essere stimolante implementare un tipo nuovo come le Liste e funzioni quali ricerca all'interno di esse, aggiunta ed eliminazione di elementi o conteggio del numero di elementi.

BIBLIOGRAFIA

[1] *FACPL guide*. http://facpl.sourceforge.net/guide/facpl_guide.html, [Online; accessed 1-March-2016].

[2] Information technology - syntactic metalanguage - extended bnf. ISO/IEC 14977, [Online; accessed 17-March-2016].

[3] *Java Platform, Standard Edition 8 API Specification*. https://docs.oracle.com/javase/8/docs/api/, [Online; accessed 8-March-2016].

[4] *Xtext Documentation*. https://eclipse.org/Xtext/documentation/, [Online; accessed 12-March-2016].

[5] E. Chabrow. Nist guide aims to ease access control. http://www.bankinfosecurity.com/nist-publication-aims-to-ease-access-control-a-6612/op-1, [Online; accessed 11-March-2016].

[6] A. Lazouski, G. Mancini, F. Martinelli, and P. Mori. Usage control in cloud systems. In Savage et al. [15], pages 202–207.

[7] A. Lazouski, F. Martinelli, and P. Mori. Usage control in computer security: A survey. *Computer Science Review*, 4(2):81–99, 2010.

[8] A. Margheri. Progetto e realizzazione di un linguaggio formale per il controllo degli accessi basato su politiche, 2011/12. Tesi di laurea magistrale in Informatica.

[9] A. Margheri, M. Masi, R. Pugliese, and F. Tiezzi. A formal framework for specification, analysis and enforcement of access control policies.

[10] NIST. A survey of access control models. http://csrc.nist.gov/news_events/privilege-management-workshop/PvM-Model-Survey-Aug26-2009.pdf.

[11] B. Parducci. extensible access control markup language (xacml) specification, 2005.

[12] J. Park. *Usage control: A unified framework for next generation access control*. PhD thesis, George Mason University, 2003.

[13] J. Park and R. S. Sandhu. Towards usage control models: beyond traditional access control. In *SACMAT*, pages 57–64, 2002.

[14] J. Park and R. S. Sandhu. The ucon_{abc} usage control model. *ACM Trans. Inf. Syst. Secur.*, 7(1):128–174, 2004.

[15] N. Savage, S. E. Assad, and C. A. Shoniregun, editors. *7th International Conference for Internet Technology and Secured Transactions, ICITST 2012, London, United Kingdom, December 10-12, 2012*. IEEE, 2012.

[16] Wikipedia. Access control list — Wikipedia, the free encyclopedia. `https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Access_control_list&oldid=710571612`, 2016. [Online; accessed 20-March-2016].

[17] Wikipedia. Attribute-based access control — Wikipedia, the free encyclopedia. `https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Attribute-based_access_control&oldid=694270795`, 2016. [Online; accessed 20-March-2016].

[18] Wikipedia. Role-based access control — Wikipedia, the free encyclopedia. `https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Role-based_access_control&oldid=709886924`, 2016. [Online; accessed 20-March-2016].

LISTA DI ACRONIMI

ACL Access Control List

ABAC Attribute Based Access Control

PBAC Policy Based Access Control

RBAC Role Based Access Control

PDP Policy Decision Point

PEP Policy Enforcement Point

XACML eXtensible Access Control Markup Language

XML eXtensible Markup Language

FACPL Formal Access Control Policy Language

ACS Access Control Policy

AAS Authoritative Attribute Source

PAS Policy Authorisation System

IDE Integrated Development Environment

PR Policy Repository

EBNF Extended Backus Naur form

FACPL_{PB} $\text{Formal Access Control Policy Language}_{\text{PastBehaviour}}$

A

CODICE COMPLETO

A.1 CODICE DEL CAPITOLO 4

Codice A.1: Policy set completo di 4.4.1

```
PolicySet ReadWrite_Policy {  deny-unless-permit
  target:  equal ( "Bob" , name / id ) && ("Alice, name/id")
  policies:
  PolicySet Write_Policy {  deny-unless-permit
    target: equal("file", file/id) && ("write", action/id)
    policies:
      Rule write (  permit  target:
        equal ( status / isWriting , false ) &&
        equal ( status / counterReadFile1, 0)
       )
    obl:
   [  permit M  flagStatus(isWriting, true) ]
 }
  PolicySet Read_Policy {  deny-unless-permit
    target: equal("file", file/id) && ("read", action/id)
    policies:
      Rule read (  permit  target:
        equal ( status / isWriting , false ) &&
        less-than (status / counterReadFile1, 2)
       )
    obl:
   [  permit M  addStatus(counterReadFile1, 1) ]
 }
  PolicySet StopWrite_Policy {  deny-unless-permit
    target: equal("file", file/id) && ("stopWrite", action/id)
    policies:
      Rule stopWrite (  permit  target:
        equal ( status / isWriting , true )
       )
    obl:
   [  permit M  flagStatus(isWriting, false) ]
```

```
  }
33  PolicySet StopRead_Policy {  deny-unless-permit
    target: equal("file", file/id) && ("stopRead", action/id)
35  policies:
      Rule stopRead (  permit  target:
37      greater-than ( status / counterReadFile1 , 0 )
      )
39  obl:
    [  permit M  subStatus(counterReadFile1, 1) ]
41  }
}
43 PAS {
  pep:  deny-biased
45  pdp:  deny-unless-permit
  status: [(boolean isWriting = false), (int counterReadFile1 = 0)]
47 }
```

Codice A.2: Policy set completo di 4.4.2

```
1  PolicySet Negozio {  deny-unless-permit
    target:  equal ( "Bob" , name / id ) || ("Alice, name/id")
3   policies:

5   PolicySet Buy_Policy {  deny-unless-permit
    target: equal("file1", file/id) && ("buy", action/id)
7   policies:
      Rule alice_buy (  permit  target: (
9       equal ( action / id , "buy" ) &&
        equal ( name / id, "Alice"))
11      obl:
        [  permit M  setString("accessTypeAlice", "BUY") ]
13    )
      Rule bob_buy (  permit  target: (
15      equal ( action / id , "buy" ) &&
        equal ( name / id, "Alice"))
17      obl:
        [  permit M  setString("accessTypeBob", "BUY") ]
19    )
  }
21

   PolicySet NUMBER_Policy {  deny-unless-permit
23   target: equal("file1", file/id) && ("number", action/id)
    policies:
25    Rule alice_buy (  permit  target: (
      equal ( action / id , "number" ) &&
27    equal ( name / id, "Alice"))
      obl:
29      [  permit M  setString("accessTypeAlice", "NUMBER") ]
```

```
        [  permit M  addStatus("aliceFile1viewNumber", 2) ]
31     )
       Rule bob_buy (  permit  target: (
33      equal ( action / id , "number" ) &&
        equal ( name / id, "Alice"))
35      obl:
        [  permit M  setString("accessTypeBob", "NUMBER") ]
37      [  permit M  addStatus("bobFile1viewNumber", 2) ]
       )
39 }
    PolicySet TIME_Policy {  deny-unless-permit
41   target: equal("file1", file/id) && ("TIME", action/id)
     policies:
43    Rule alice_buy (  permit  target: (
       equal ( action / id , "time" ) &&
45     equal ( name / id, "Alice"))
       obl:
47     [  permit M  setString("accessTypeAlice", "TIME") ]
       [  permit M
          sumDate("aliceFile1expiration", "0000/00/00-48:00:00") ]
49    )
      Rule bob_buy (  permit  target: (
51     equal ( action / id , "time" ) &&
       equal ( name / id, "Alice"))
53     obl:
       [  permit M  setString("accessTypeBob", "TIME") ]
55     [  permit M  sumDate("bobFile1expiration", "0000/00/00-48:00:00") ]
      )
57 }

59  PolicySet VIEW {  deny-unless-permit
     target: equal("file1", file/id) && ("view", action/id)
61   policies:
      Rule buy (  permit  target: (
63     equal ( status / accessTypeBob , "BUY" ) &&
       equal ( status / accessTypeAlice, "BUY"))
65    )
      Rule number_alice (  permit  target: (
67     equal ( status / accessTypeAlice, "NUMBER" ) &&
       equal ( name / id, "Alice") &&
          greater-than( status / aliceFile1viewNumber, 0))
69     obl:
       [  permit M  subStatus("aliceFile1viewNumber", 1) ]
71    )
      Rule number_bob (  permit  target: (
73     equal ( status / accessTypeBob, "NUMBER" ) &&
       equal ( name / id, "Bob") &&
          greater-than( status / bobFile1viewNumber, 0))
75     obl:
```

```
        [  permit M  subStatus("bobFile1viewNumber", 1) ]
77      )
      Rule time_alice (  permit  target: (
79      equal ( status / accessTypeAlice, "TIME" ) &&
        equal ( name / id, "Alice") &&
           greater-than( status / aliceFile1expiration, today))
81      )
      Rule number_alice (  permit  target: (
83      equal ( status / accessTypeAlice, "TIME" ) &&
        equal ( name / id, "Bob") &&
           greater-than( status / bobFile1expiration, today))
85      )
  }
87


89
}
91 PAS {
  Combined Decision : false ;
93  Extended Indeterminate : false ;
  Java Package : "example" ;
95  Requests To Evaluate : Request1, Request2, Request3, Request4, Request5,
      Request6 ;
  pep:  deny-biased
97  pdp:  deny-unless-permit
  status: [ (date aliceFile1expiration = today), (date bobFile1expiration
      = today),
99   (int bobFile1viewNumber = 0), (int aliceFile1viewNumber = 0),
   (String accessTypeAlice = "no"), (String accessTypeBob = "no")]
101 }
```

A.2 CODICE DEL CAPITOLO 5

Codice A.3: Richiesta di Sezione 5.4.1

```
1 package primoEsempioStatus;

3 import java.util.ArrayList;
  import java.util.HashMap;
5
  import it.unifi.facpl.lib.context.ContextRequest_Status;
7 import it.unifi.facpl.lib.context.ContextStub_Default;

9 import it.unifi.facpl.lib.context.Request;
  import it.unifi.facpl.lib.enums.FacplStatusType;
11 import it.unifi.facpl.system.status.FacplStatus;
  import it.unifi.facpl.system.status.StatusAttribute;
```

```
13
@SuppressWarnings("all")
15 public class ContextRequest_WriteRequestAlice {
  private static ContextRequest_Status CxtReq;
17
  public static ContextRequest_Status getContextReq() {
19   if (CxtReq != null) {
      return CxtReq;
21   }
     // create map for each category
23   HashMap<String, Object> req_category_attribute_name = new
         HashMap<String, Object>();
     HashMap<String, Object> req_category_attribute_action = new
         HashMap<String, Object>();
25   HashMap<String, Object> req_category_attribute_file = new
         HashMap<String, Object>();
     // add attribute's values
27   req_category_attribute_name.put("id", "Alice");
     req_category_attribute_action.put("id", "write");
29   req_category_attribute_file.put("id", "file1");
     // add attributes to request
31   Request req = new Request("write_request");
     req.addAttribute("name", req_category_attribute_name);
33   req.addAttribute("action", req_category_attribute_action);
     req.addAttribute("file", req_category_attribute_file);
35   // context stub: default-one
     CxtReq = new ContextRequest_Status(req,
         ContextStub_Default.getInstance());
37   StatusRW st = new StatusRW();
     CxtReq.setStatus(st.getStatus());
39   return CxtReq;
  }
41 }
```

Codice A.4: Richiesta di Sezione 5.4.1

```
1
public class ContextRequest_WriteRequestBob {
3  private static ContextRequest_Status CxtReq;
   public static ContextRequest_Status getContextReq() {
5    if (CxtReq != null) {
       return CxtReq;
7    }
     HashMap<String, Object> req_category_attribute_name = new
         HashMap<String, Object>();
9    HashMap<String, Object> req_category_attribute_action = new
         HashMap<String, Object>();
     HashMap<String, Object> req_category_attribute_file = new
```

```
        HashMap<String, Object>();
    req_category_attribute_name.put("id", "Bob");
    req_category_attribute_action.put("id", "write");
    req_category_attribute_file.put("id", "file1");
    Request req = new Request("write_request");
    req.addAttribute("name", req_category_attribute_name);
    req.addAttribute("action", req_category_attribute_action);
    req.addAttribute("file", req_category_attribute_file);
    CxtReq = new ContextRequest_Status(req,
        ContextStub_Default.getInstance());
    StatusRW st = new StatusRW();
    CxtReq.setStatus(st.getStatus());
    return CxtReq;
  }

}
```

Codice A.5: Richiesta di Sezione 5.4.1

```
package primoEsempioStatus;


import java.util.ArrayList;
import java.util.HashMap;

import it.unifi.facpl.lib.context.ContextRequest_Status;
import it.unifi.facpl.lib.context.ContextStub_Default;

import it.unifi.facpl.lib.context.Request;
import it.unifi.facpl.lib.enums.FacplStatusType;
import it.unifi.facpl.system.status.FacplStatus;
import it.unifi.facpl.system.status.StatusAttribute;

@SuppressWarnings("all")
public class ContextRequest_StopWriteRequest {
  private static ContextRequest_Status CxtReq;

  public static ContextRequest_Status getContextReq() {
    if (CxtReq != null) {
      return CxtReq;
    }
    // create map for each category
    HashMap<String, Object> req_category_attribute_name = new
        HashMap<String, Object>();
    HashMap<String, Object> req_category_attribute_action = new
        HashMap<String, Object>();
    // add attribute's values
    req_category_attribute_name.put("id", "Alice");
```

```
28    req_category_attribute_action.put("id", "stopWrite");
      // add attributes to request
30    Request req = new Request("stop_write_request");
      req.addAttribute("name", req_category_attribute_name);
32    req.addAttribute("action", req_category_attribute_action);
      // context stub: default-one
34    CxtReq = new ContextRequest_Status(req,
          ContextStub_Default.getInstance());
      StatusRW st = new StatusRW();
36    CxtReq.setStatus(st.getStatus());
      return CxtReq;
38   }

40 }
```

Codice A.6: Richiesta di Sezione 5.4.1

```
   package primoEsempioStatus;
2


4  import java.util.ArrayList;
   import java.util.HashMap;
6
   import it.unifi.facpl.lib.context.ContextRequest_Status;
8  import it.unifi.facpl.lib.context.ContextStub_Default;
   import it.unifi.facpl.lib.context.Request;
10 import it.unifi.facpl.lib.enums.FacplStatusType;
   import it.unifi.facpl.system.status.FacplStatus;
12 import it.unifi.facpl.system.status.StatusAttribute;

14 @SuppressWarnings("all")
   public class ContextRequest_StopReadRequestBob {
16  private static ContextRequest_Status CxtReq;

18  public static ContextRequest_Status getContextReq() {
      if (CxtReq != null) {
20     return CxtReq;
      }
22    // create map for each category
      HashMap<String, Object> req_category_attribute_name = new
          HashMap<String, Object>();
24    HashMap<String, Object> req_category_attribute_action = new
          HashMap<String, Object>();
      HashMap<String, Object> req_category_attribute_file = new
          HashMap<String, Object>();
26    // add attribute's values
      req_category_attribute_name.put("id", "Alice");
28    req_category_attribute_action.put("id", "stopRead");
```

```
    req_category_attribute_file.put("id", "file1");
    // add attributes to request
    Request req = new Request("stop_write_request");
    req.addAttribute("name", req_category_attribute_name);
    req.addAttribute("action", req_category_attribute_action);
    req.addAttribute("file", req_category_attribute_file);
    // context stub: default-one
    CxtReq = new ContextRequest_Status(req,
        ContextStub_Default.getInstance());
    StatusRW st = new StatusRW();
    CxtReq.setStatus(st.getStatus());
    return CxtReq;
  }
}
```

Codice A.7: Richiesta di Sezione 5.4.1

```
package primoEsempioStatus;


import java.util.ArrayList;
import java.util.HashMap;

import it.unifi.facpl.lib.context.ContextRequest_Status;
import it.unifi.facpl.lib.context.ContextStub_Default;
import it.unifi.facpl.lib.context.Request;
import it.unifi.facpl.lib.enums.FacplStatusType;
import it.unifi.facpl.system.status.FacplStatus;
import it.unifi.facpl.system.status.StatusAttribute;

@SuppressWarnings("all")
public class ContextRequest_StopReadRequestAlice {
  private static ContextRequest_Status CxtReq;

  public static ContextRequest_Status getContextReq() {
    if (CxtReq != null) {
      return CxtReq;
    }
    // create map for each category
    HashMap<String, Object> req_category_attribute_name = new
        HashMap<String, Object>();
    HashMap<String, Object> req_category_attribute_action = new
        HashMap<String, Object>();
    HashMap<String, Object> req_category_attribute_file = new
        HashMap<String, Object>();
    // add attribute's values
    req_category_attribute_name.put("id", "Alice");
    req_category_attribute_action.put("id", "stopRead");
```

```
29    req_category_attribute_file.put("id", "file1");
      // add attributes to request
31    Request req = new Request("stop_read_request");
      req.addAttribute("name", req_category_attribute_name);
33    req.addAttribute("action", req_category_attribute_action);
      req.addAttribute("file", req_category_attribute_file);
35    // context stub: default-one
      CxtReq = new ContextRequest_Status(req,
          ContextStub_Default.getInstance());
37    StatusRW st = new StatusRW();
      CxtReq.setStatus(st.getStatus());
39    return CxtReq;
     }
41
}
```

Codice A.8: Richiesta di Sezione 5.4.1

```
package primoEsempioStatus;
2
import java.util.ArrayList;
4 import java.util.HashMap;

6 import counterExample.Status_1;
import it.unifi.facpl.lib.context.ContextRequest_Status;
8 import it.unifi.facpl.lib.context.ContextStub_Default;
import it.unifi.facpl.lib.context.Request;
10 import it.unifi.facpl.lib.enums.FacplStatusType;
import it.unifi.facpl.system.status.FacplStatus;
12 import it.unifi.facpl.system.status.StatusAttribute;

14 @SuppressWarnings("all")
public class ContextRequest_ReadRequestAlice {
16  private static ContextRequest_Status CxtReq;

18  public static ContextRequest_Status getContextReq() {
      if (CxtReq != null) {
20      return CxtReq;
      }
22    // create map for each category
      HashMap<String, Object> req_category_attribute_name = new
          HashMap<String, Object>();
24    HashMap<String, Object> req_category_attribute_action = new
          HashMap<String, Object>();
      HashMap<String, Object> req_category_attribute_file = new
          HashMap<String, Object>();
26    // add attribute's values
      req_category_attribute_name.put("id", "Alice");
```

```
28    req_category_attribute_action.put("id", "read");
      req_category_attribute_file.put("id", "file1");
30    // add attributes to request
      Request req = new Request("read_request");
32    req.addAttribute("name", req_category_attribute_name);
      req.addAttribute("action", req_category_attribute_action);
34    req.addAttribute("file", req_category_attribute_file);
      // context stub: default-one
36    CxtReq = new ContextRequest_Status(req,
          ContextStub_Default.getInstance());
      StatusRW st = new StatusRW();
38    CxtReq.setStatus(st.getStatus());
      return CxtReq;
40

42   }

44 }
```

Codice A.9: Richiesta di Sezione 5.4.1

```
   package primoEsempioStatus;
2
   import java.util.ArrayList;
4  import java.util.HashMap;

6  import it.unifi.facpl.lib.context.ContextRequest_Status;
   import it.unifi.facpl.lib.context.ContextStub_Default;
8  import it.unifi.facpl.lib.context.Request;
   import it.unifi.facpl.lib.enums.FacplStatusType;
10 import it.unifi.facpl.system.status.FacplStatus;
   import it.unifi.facpl.system.status.StatusAttribute;
12
   @SuppressWarnings("all")
14 public class ContextRequest_ReadRequestBob {
    private static ContextRequest_Status CxtReq;
16
    public static ContextRequest_Status getContextReq() {
18   if (CxtReq != null) {
      return CxtReq;
20   }
     // create map for each category
22   HashMap<String, Object> req_category_attribute_name = new
         HashMap<String, Object>();
     HashMap<String, Object> req_category_attribute_action = new
         HashMap<String, Object>();
24   HashMap<String, Object> req_category_attribute_file = new
         HashMap<String, Object>();
```

```
    // add attribute's values
    req_category_attribute_name.put("id", "Bob");
    req_category_attribute_action.put("id", "read");
    req_category_attribute_file.put("id", "file1");
    // add attributes to request
    Request req = new Request("read_request");
    req.addAttribute("name", req_category_attribute_name);
    req.addAttribute("action", req_category_attribute_action);
    req.addAttribute("file", req_category_attribute_file);
    // context stub: default-one
    CxtReq = new ContextRequest_Status(req,
        ContextStub_Default.getInstance());
    StatusRW st = new StatusRW();
    CxtReq.setStatus(st.getStatus());
    return CxtReq;
  }

}
```

Codice A.10: Main di Sezione 5.4.1

```
public class MainFACPL {
  private PDP pdp;
  private PEP pep;
  public MainFACPL() throws MissingAttributeException {
    LinkedList<FacplPolicy> policies = new LinkedList<FacplPolicy>();
    policies.add(new PolicySet_ReadWrite());
    this.pdp = new
        PDP(it.unifi.facpl.lib.algorithm.PermitUnlessDenyGreedy.class,
        policies, false);
    this.pep = new PEP(EnforcementAlgorithm.DENY_BIASED);
    this.pep.addPEPActions(PEPAction.getPepActions());
  }
  public static void main(String[] args) throws MissingAttributeException {
    MainFACPL system = new MainFACPL();
    StringBuffer result = new StringBuffer();
    LinkedList<ContextRequest_Status> requests = new
        LinkedList<ContextRequest_Status>();
    requests.add(ContextRequest_ReadRequestAlice.getContextReq());
    requests.add(ContextRequest_ReadRequestAlice.getContextReq());
    requests.add(ContextRequest_ReadRequestAlice.getContextReq());
    requests.add(ContextRequest_WriteRequestBob.getContextReq());
    requests.add(ContextRequest_ReadRequestBob.getContextReq());
    requests.add(ContextRequest_StopReadRequestAlice.getContextReq());
    requests.add(ContextRequest_StopReadRequestBob.getContextReq());
    requests.add(ContextRequest_WriteRequestAlice.getContextReq());
    for (ContextRequest_Status rcxt : requests) {
      result.append("----------------------------------------------------------
```

```
25      AuthorisationPDP resPDP = system.pdp.doAuthorisation(rcxt);
        result.append("\nRequest: " + resPDP.getId() + "\n\n");
27      result.append("PDP Decision=\n " + resPDP.toString() + "\n\n");
        AuthorisationPEP resPEP = system.pep.doEnforcement(resPDP,rcxt);
29      result.append("time per request "+(endR-startR));
        result.append("\nPEP Decision=\n " + resPEP.toString() + "\n");
31      result.append("————————————————————————————————————————————————————\n");
     }
33   result.append("\ntime for all requests "+(end-start));
     System.out.println(result.toString());
35  }
}
```

Codice A.11: Policy di Sezione 5.4.1

```
public class PolicySet_ReadWrite extends PolicySet {
 2  public PolicySet_ReadWrite(){
     addId("ReadWrite_Policy");
 4   addCombiningAlg(it.unifi.facpl.lib.algorithm.DenyUnlessPermitGreedy.class);
     ExpressionFunction e1 = new
         ExpressionFunction(it.unifi.facpl.lib.function.comparison.Equal.class,
         "Bob",
 6       new AttributeName("name", "id"));
     ExpressionFunction e2 = new
         ExpressionFunction(it.unifi.facpl.lib.function.comparison.Equal.class,
         "Alice",
 8       new AttributeName("name", "id"));
     ExpressionBooleanTree ebt = new
         ExpressionBooleanTree(ExprBooleanConnector.OR, e1, e2);
10   addTarget(ebt);
     addPolicyElement(new PolicySet_Write());
12   addPolicyElement(new PolicySet_Read());
     addPolicyElement(new PolicySet_StopWrite());
14   addPolicyElement(new PolicySet_StopRead());
   }
16
   private class PolicySet_Write extends PolicySet {
18   public PolicySet_Write() {
       addId("Write_Policy");
20     addCombiningAlg(
        it.unifi.facpl.lib.algorithm.DenyUnlessPermitGreedy.class);
22     ExpressionFunction e1 = new ExpressionFunction(comparison.Equal.class,
         "file1",
24       new AttributeName("file", "id")
         );
26     ExpressionFunction e2 = new ExpressionFunction(comparison.Equal.class,
         "write",
28       new AttributeName("action", "id")
```

```
        );
30      ExpressionBooleanTree ebt = new
            ExpressionBooleanTree(ExprBooleanConnector.AND, e1, e2);
        addTarget(ebt);
32      addPolicyElement(new Rule_write());
        addObligation(new ObligationStatus(new FlagStatus(), Effect.PERMIT,
            ObligationType.M,
34          new StatusAttribute("isWriting", FacplStatusType.BOOLEAN), true));
      }
36    private class Rule_write extends Rule {
        Rule_write() {
38        addId("write");
          addEffect(Effect.PERMIT);
40        ExpressionFunction e1=
          new ExpressionFunction(comparison.Equal.class,
42                  new StatusAttribute("isWriting", FacplStatusType.BOOLEAN),
             false);
44        ExpressionFunction e2=
          new ExpressionFunction(comparison.Equal.class,
46              new StatusAttribute("counterReadFile1", FacplStatusType.INT),
             0);
48        ExpressionBooleanTree ebt =
           new ExpressionBooleanTree(ExprBooleanConnector.AND, e1, e2);
50        addTarget(ebt);
        }
52    }
    }
54
    private class PolicySet_Read extends PolicySet {
56

58    public PolicySet_Read() {

60      addId("Read_Policy");
        // Algorithm Combining
62      addCombiningAlg(it.unifi.facpl.lib.algorithm.DenyUnlessPermitGreedy.class);
        // Target
64      ExpressionFunction e1 = new
            ExpressionFunction(it.unifi.facpl.lib.function.comparison.Equal.class,
           "file1",
66         new AttributeName("file", "id")
           );
68      ExpressionFunction e2 = new
            ExpressionFunction(it.unifi.facpl.lib.function.comparison.Equal.class,
           "read",
70         new AttributeName("action", "id")
           );
72      ExpressionBooleanTree ebt = new
```

```
            ExpressionBooleanTree(ExprBooleanConnector.AND, e1, e2);
        addTarget(ebt);
74      // PolElements
        addPolicyElement(new Rule_read());
76      // Obligation
        addObligation(new ObligationStatus(new AddStatus(), Effect.PERMIT,
            ObligationType.M,
78          new StatusAttribute("counterReadFile1", FacplStatusType.INT), 1));
      }
80
      private class Rule_read extends Rule {
82
        Rule_read() {
84        addId("read");
          // Effect
86        addEffect(Effect.PERMIT);
          ExpressionFunction e1 = new
              ExpressionFunction(it.unifi.facpl.lib.function.comparison.Equal.class,
88            new StatusAttribute("isWriting", FacplStatusType.BOOLEAN),
              false);//nessuno scrive
90        ExpressionFunction e2 = new
              ExpressionFunction(it.unifi.facpl.lib.function.comparison.LessThan.class,
              new StatusAttribute("counterReadFile1", FacplStatusType.INT),
92            2);//i lettori sono meno di due

94        ExpressionBooleanTree ebt = new
              ExpressionBooleanTree(ExprBooleanConnector.AND, e1, e2);
          addTarget(ebt);
96      }
      }
98
    }
100
    private class PolicySet_StopRead extends PolicySet {
102

104   public PolicySet_StopRead() {

106     addId("StopRead_Policy");
        // Algorithm Combining
108     addCombiningAlg(it.unifi.facpl.lib.algorithm.DenyUnlessPermitGreedy.class);
        // Target
110     ExpressionFunction e1 = new
            ExpressionFunction(it.unifi.facpl.lib.function.comparison.Equal.class,
          "file1",
112       new AttributeName("file", "id")
          );
114     ExpressionFunction e2 = new
```

```
            ExpressionFunction(it.unifi.facpl.lib.function.comparison.Equal.class,
           "stopRead",
116        new AttributeName("action", "id")
           );
118     ExpressionBooleanTree ebt = new
            ExpressionBooleanTree(ExprBooleanConnector.AND, e1, e2);
        addTarget(ebt);
120     // PolElements
        addPolicyElement(new Rule_stopRead());
122     // Obligation
        addObligation(new ObligationStatus(new SubStatus(), Effect.PERMIT,
            ObligationType.M,
124           new StatusAttribute("counterReadFile1", FacplStatusType.INT),
                1));//meno uno sui lettori
      }
126
      private class Rule_stopRead extends Rule {
128
        Rule_stopRead() {
130       addId("stopRead");
          // Effect
132       addEffect(Effect.PERMIT);
          addTarget(new
              ExpressionFunction(it.unifi.facpl.lib.function.comparison.GreaterThan.class,
134           new StatusAttribute("counterReadFile1", FacplStatusType.INT),
              0));//solo se ci sono lettori
136     }
      }
138 }

140 private class PolicySet_StopWrite extends PolicySet {

142
      public PolicySet_StopWrite(){
144     addId("StopWrite_Policy");
        // Algorithm Combining
146     addCombiningAlg(it.unifi.facpl.lib.algorithm.DenyUnlessPermitGreedy.class);
        // Target
148     ExpressionFunction e1 = new
            ExpressionFunction(it.unifi.facpl.lib.function.comparison.Equal.class,
           "file1",
150        new AttributeName("file", "id")
           );
152     ExpressionFunction e2 = new
            ExpressionFunction(it.unifi.facpl.lib.function.comparison.Equal.class,
           "stopWrite",
154        new AttributeName("action", "id")
           );
```

```
156       ExpressionBooleanTree ebt = new
              ExpressionBooleanTree(ExprBooleanConnector.AND, e1, e2);
          addTarget(ebt);
158       // PolElements
          addPolicyElement(new Rule_write());
160       // Obligation
          addObligation(new ObligationStatus(new FlagStatus(), Effect.PERMIT,
              ObligationType.M,
162             new StatusAttribute("isWriting", FacplStatusType.BOOLEAN),
                  false));
        }
164
        private class Rule_write extends Rule {
166
          Rule_write() {
168         addId("stopWrite");
            // Effect
170         addEffect(Effect.PERMIT);
            addTarget(new
                ExpressionFunction(it.unifi.facpl.lib.function.comparison.Equal.class,
172              new StatusAttribute("isWriting", FacplStatusType.BOOLEAN),
                true));
174       }
        }
176   }
  }
```

Codice A.12: Status 5.4.1

```
1 public class StatusRW {

3 private FacplStatus status;

5   public StatusRW() {
      HashMap<StatusAttribute, Object> attributes = new
          HashMap<StatusAttribute, Object>();
7     attributes.put(new StatusAttribute("isWriting",
          FacplStatusType.BOOLEAN), false);
      attributes.put(new StatusAttribute("counterReadFile1",
          FacplStatusType.INT), 0);
9     attributes.put(new StatusAttribute("counterReadFile2",
          FacplStatusType.INT), 0);
      status = new FacplStatus(attributes, this.getClass().getName());
11  }
    public FacplStatus getStatus() {
13    return status;
    }
15 }
```