

Adjustable Automomy in MAS
- Approfondimento -
Corso Sistemi Multi-Agente LS

Autore: Cristina Valent

Indice

Indice	3
1 Autonomia	7
1 Qualche definizione iniziale	7
2 L'autonomia: diversi punti di vista	8
2.1 Autonomia rispetto all'ambiente (non-social autonomy)	9
2.2 Autonomia sociale	11
2.2.1 Autonomia come indipendenza	11
2.2.2 Autonomia in collaborazione	12
2.3 Autonomia esecutiva	13
2.4 Autonomia di goal	13
2.5 Interazione fra autonomia esecutiva e autonomia di goal	14
2.6 Autonomia pratica versus autonomia deontica	14
2.7 Autonomia e consapevolezza	15
3 Le dimensioni dell'autonomia	16
3.1 Dimensione descriptive (descrittiva)	17
3.2 Dimensione prescriptive (prescrittiva)	19
3.3 Gradi di autonomia: casi estremi	20
4 Confronto tra autonomia e dimensioni dell'autonomia	21
5 Autonomia e delegazione	22
5.1 Interaction-based types of delegation	25
5.1.1 Delegazione debole (weak delegation)	25
5.1.2 Delegazione media (mild delegation)	25
5.1.3 Delegazione forte (strong delegation)	25
5.2 Specification-based types of delegation	26

5.2.1	Delegazione chiusa (close delegation) o esecuzione pura	26
5.2.2	Delegazione aperta (open delegation)	26
5.3	Control-based types of delegation	28
2	Adjustable Autonomy	31
1	Adjustable autonomy: introduzione	31
2	Primo approccio: dimensioni autonomia (modello Bradshaw)	33
2.1	Adeguamento permessi	34
2.2	Adeguamento obblighi	35
2.3	Adeguamento possibilità	36
2.4	Adeguamento capacità	37
2.5	Kaa	38
2.5.1	Un semplice esempio dell'uso di Kaa	39
3	Secondo approccio: consapevolezza di contesto	41
3.1	Proteus Framework	42
3.1.1	Adattamento delle politiche	44
3.1.2	Adattamento delle azioni	44
3.1.3	Adattamento del contesto	44
4	Terzo approccio: delegazione ed autonomia	46
4.1	Adeguamento delega rispetto alla dimensione di interazione	47
4.2	Adeguamento delega rispetto alla dimensione di specifica	48
4.2.1	Adeguamenti specifiche: visione del delegato	49
4.2.2	Adeguamenti specifiche: visione del delegante	49
4.3	Dall'adattamento di delega all'adattamento di autonomia	51
4.3.1	Adeguamento di meta-autonomia vs autonomia di realizzazione	52
4.4	Canali per l'adattamento bilaterale	53
4.4.1	Adattamento run-time: visione del delegante	54
4.4.2	Adattamento run-time: visione del delegato	54
4.5	Adeguamento autonomia mediante modifica del controllo	56
4.5.1	Adeguamento della frequenza di feedback	56
4.5.2	Adeguamento del tipo di intervento	57

Indice	5
--------	---

Bibliografia	59
--------------	----

Capitolo 1

Autonomia

1 Qualche definizione iniziale

Prima di affrontare tutti gli aspetti legati all'autonomia è necessario capire cosa si intenda per autonomia. Il termine autonomia (in greco *autonomos*) deriva semplicemente dalla combinazione di due termini greci *autos-* che significa egli stesso *-nomos* che significa legge, regola.

Questo vuol dire che con *autonomos* si intende la capacità di auto-governarsi, ovvero di governarsi con proprie leggi.

Si può notare come esista una sottile differenza tra il significato associato alla parola *autonomia* tra Americani ed Europei. In effetti mentre questi ultimi associano ad essa il significato originale, ovvero qualcosa che è in grado di auto-governarsi, l'uso americano/inglese sottolinea più l'aspetto di indipendenza dal controllo.

Questa differenza, pur non incidendo sulla capacità dei ricercatori di diversa provenienza di capirsi l'un l'altro, può mettere in evidenza aspetti diversi del concetto di autonomia.

Quindi in considerazione di tutto questo si può dire che la parola *autonomos* (ovvero *self-government*) ha 2 significati di base usati comunemente.

Il primo significato è quello che viene denotato con il termine *self-sufficiency*, ovvero la capacità di prendersi cura di se stessi. Questo è il significato che viene associato al termine francese *autonome*, applicato per definire, per esem-

pio, qualcuno che va a vivere fuori da casa per la prima volta.

Il secondo significato si riferisce alla qualità di *self-directedness*, ovvero la libertà o indipendenza dal controllo esterno. Questo significato è, per esempio, utilizzabile per quelle porzioni di paesi e/o nazioni che sono identificate come ‘regioni autonome’¹.

2 L’autonomia: diversi punti di vista

Prima di vedere quali siano le dimensioni dell’autonomia che sono strettamente legate all’adjustable autonomy, sarebbe bene presentare in che modo si può esprimere l’autonomia nei sistemi multi-agente.

Per riuscire a fare questo ci si può basare sulla definizione espressa mediante *notazione relazionale* suggerita da Castelfranchi C. & Falcone R. in [2]. In questo caso per definire l’autonomia è necessario considerare:

- l’*entità principale* la cui autonomia deve essere considerata/valutata
- l’*azione/funzione/goal* che deve essere realizzata o raggiunta dall’entità principale e su cui l’autonomia viene valutata
- l’*entità secondaria*, che può essere rappresentata anche da una pluralità di entità, rispetto cui dovrebbe essere considerata l’autonomia dell’entità principale, data una specifica azione/funzione/goal.

In realtà nell’architettura ad agenti, è possibile identificare relazioni causali e funzionali tra le diverse parti degli agenti stessi e tra queste parti e il mondo esterno.

¹In Italia, per esempio, godono di questa condizione le cosiddette regioni a statuto speciale. Una *regione a statuto speciale* è una regione che gode di particolari forme e condizioni di autonomia, dettate da uno Statuto, secondo quanto previsto dall’art. 116 della Costituzione della Repubblica Italiana. La Regione a statuto speciale si contrappone alla Regione a statuto ordinario per la quale forme e condizioni di autonomia sono dettate dalla Costituzione.

L’art. 116 comma primo della Costituzione della Repubblica Italiana cita quanto segue:

« Il Friuli-Venezia Giulia, la Sardegna, la Sicilia, il Trentino Alto Adige/Südtirol e la Valle d’Aosta/Vallée d’Aoste dispongono di forme e condizioni particolari di autonomia, secondo i rispettivi statuti speciali adottati con legge costituzionale ».

Proprio per questo, si può dire che *le dimensioni dell'autonomia degli agenti derivino dalla sua architettura e dalla teoria delle azioni*. Più precisamente: qualunque componente dell'architettura o condizione necessaria per il successo di un'azione può definire una *dimensione o parametro dell'autonomia*, poiché può definire una 'risorsa' o 'potere' astratto necessario per il raggiungimento degli obiettivi; vale a dire che possono caratterizzare una specifica 'mancanza di potere' e quindi una possibile dipendenza e una social non-autonomy.

Sulla base del tipo di relazioni e del tipo e natura delle entità considerate è possibile caratterizzare diversi gradi e tipi di autonomia. In altre parole, non c'è una sola definizione di autonomia e un singolo significato per questo concetto, ma, data la sua complessa natura relazionale, è possibile identificare differenti dimensioni e tipi di autonomia.

Riprendendo la definizione mediante *notazione relazionale* se si analizza:

- l'*entità secondaria* è possibile distinguere tra:
 1. autonomia rispetto all'ambiente (non-social autonomy)
 2. autonomia sociale
- l'*azione/funzione/goal* è possibile distinguere tra:
 1. autonomia esecutiva
 2. autonomia di goal.

Nel seguito verranno affrontati questi diversi tipi di autonomia e verranno fatte anche considerazioni relativamente alla relazione esistente tra l'autonomia dell'agente e:

- l'autonomia deontica
- la consapevolezza.

2.1 Autonomia rispetto all'ambiente (non-social autonomy)

In questo caso, relativamente alla *notazione relazionale* presentata in precedenza, l'entità secondaria è rappresentata dall'ambiente. E' necessario che, nei sistemi multi-agente, gli agenti siano entità capaci di agire in un ambiente, sulla base della percezione dell'ambiente stesso (anche durante l'esecuzione di un'azione).

In considerazione del fatto che l'agente richiede un certo grado di autonomia da questi stimoli e dall'ambiente stesso, è chiaro che il comportamento dell'agente non può essere completamente determinato e predicibile sulla base dell'input attuale (le forze ambientali), come una palla da biliardo che segue le forze meccaniche. Una palla da biliardo, in effetti, non percepisce l'ambiente; in quanto la percezione presuppone un sistema guidato dall'informazione ovvero *information-driven*.

Autonomos significa, in generale, non hetero-directed, ovvero che il comportamento non è determinato o guidato dall'esterno (o, almeno, non solo dall'esterno). Quindi gli agenti (a questo livello) sono almeno goal-oriented e non semplicemente delle entità causali.

Più precisamente, la loro 'autonomia dagli stimoli' è garantita attraverso il fatto che:

- il loro *comportamento è teleonomico*², ovvero tende a certi specifici risultati a causa di vincoli o rappresentazioni interne, prodotti dalla progettazione, dall'evoluzione, dall'apprendimento o da una propria storia psicologica
- non ricevono semplicemente un input o una forza (energia), ma un'informazione e (attivamente) percepiscono e interpretano il proprio ambiente e gli effetti delle proprie azioni
- si auto-orientano in base agli stimoli, in altre parole, definiscono e selezionano gli stimoli ambientali
- hanno 'stati interni' con propri principi di evoluzione esogena ed endogena e il loro comportamento dipende anche da tali stati interni.

La prima caratteristica rilevante dell'autonomia negli agenti è, quindi, il loro rapporto con l'ambiente. Questo è importante soprattutto a causa della loro 'autonomia sociale' e del loro agire remotamente (lontano da o senza il monitoraggio e intervento/controllo da parte dell'utente), sulla base delle loro informazioni locali e contingenti, in maniera reattiva e adattativa.

Gli agenti dovrebbero quindi gestire da soli e in maniera goal-oriented (cioè

²Deriva da *teleonomia*, una caratteristica fondamentale degli organismi viventi, ovvero la presenza di processi diretti verso uno scopo. Più precisamente con *teleonomico* si intende un processo o comportamento la cui direzione verso uno scopo è dovuta all'opera di un preciso programma.

possibilmente realizzando il proprio task) le proprie relazioni con l'ambiente sia questo fisico o virtuale.

2.2 Autonomia sociale

In questo caso, relativamente alla *nozione relazionale* presentata in sezione 2, l'entità secondaria è rappresentata dagli altri agenti, diversi dall'agente principale. Due differenti nozioni di autonomia sono stati identificati a livello sociale:

- autonomia *come indipendenza, self-sufficiency*
- autonomia *in collaborazione*.

Questi due concetti sono, in realtà, profondamente collegati l'uno all'altro e riducibili. Il primo aspetto risulta essere il più generale e potente; infatti *tutte le forme di autonomia sociale dovrebbero essere definite in termini di differenti forme di indipendenza sociale*.

2.2.1 Autonomia come indipendenza

In questo caso l'agente è *completamente autonomo* (relativamente a un dato goal o azione) *quando non necessita dell'aiuto o delle risorse di altri agenti* per raggiungere il proprio goal o per eseguire la propria azione. Un caso particolare si verifica quando un agente non necessita dell'aiuto o delle risorse degli agenti anche per generare/costruire i propri goal.

Relativamente alla definizione presentata in sezione 2, con questo tipo di autonomia si considera non solo la natura dell'entità secondaria (ovvero un altro agente cognitivo), ma anche la natura dell'azione/funzione/goal che deve essere realizzata o raggiunta dall'entità principale e su cui l'autonomia viene valutata.

Questa visione dell'autonomia è particolarmente rilevante nei sistemi multi-agente, ma è anche importante per quanto riguarda l'interazione tra gli utenti e gli agenti o tra agenti software indipendenti. Infatti, se a un agente è richiesto di agire per nostro conto o se lo si delega per qualche task, dovrà essere capace di soddisfare tale compito da solo (o mediante la partecipazione di altri agenti), avendo le necessarie capacità e risorse:

- pratiche per eseguire il task
- cognitive per risolvere il problema
- sociali per scoprire alcune cooperazioni.

Così, relativamente al compito delegato, l'agente dovrebbe essere in qualche misura non dipendente dall'agente delegante ed essere in grado di affrontare le proprie relazioni di dipendenza con gli altri.

In altri termini, si deve avere *fiducia* dell'agente per le sue competenze e capacità.

2.2.2 Autonomia in collaborazione

Questo tipo di autonomia definisce *quanto un agente è autonomo, quando sta lavorando per un altro agente che lo sfrutta, lo delega e lo obbliga*.

In questo caso, in considerazione della definizione presente in sezione 2, non solo l'entità secondaria è un agente cognitivo, ma l'azione/funzione/goal oggetto della valutazione dell'autonomia rappresenta una speciale coppia di azione/goal chiamata *task*. Quest'ultimo può essere o direttamente un task collaborativo o includere un task collaborativo.

Questo tipo di autonomia è strettamente connessa alla principale definizione di agente intesa come lavoro a nome di qualcun'altro. Questo tipo di autonomia risulta essere:

- molto *utile*, perchè permette di allocare task e ridurre il lavoro del delegatore
- qualche volta *necessario* per la situatedness, le differenze di competenze, le informazioni locali e la reattività
- molto *rischioso*, considerando la possibilità di incomprensioni, disaccordi, conflitti e utilità private.

In questo senso sarebbe ottimale la possibilità di recuperare (recovering) da situazioni in cui l'autonomia dell'agente sia troppa o troppo poca.

Una possibile e parziale soluzione potrebbe essere mantenere un grado di interattività durante la collaborazione, consentendo agli attori della collaborazione la possibilità di iniziativa e regolazione della natura, del livello e del grado di autonomia a run-time.

Per fare questo è necessario un esplicito modello di collaboration theory mediante lo sviluppo di una teoria di delegazione/adozione che verrà presentata nella sezione 5 di questo capitolo.

Per quanto riguarda la possibilità di adattare il tutto a run-time si rimanda al capitolo successivo per maggiori dettagli.

2.3 Autonomia esecutiva

Questo tipo di autonomia è relativa ai *mezzi*, non ai fini. Chiaramente potrebbe implicare alcuni livelli di decisione (scelta tra mezzi) o alcuni livelli di pianificazione e problem solving, a seconda, nel caso di autonomia collaborativa, del livello dei task assegnati. Un esempio di un'entità che adotta solo autonomia esecutiva è quello di un robot che agisce solo per eseguire gli ordini e conformarsi alle richieste esterne, senza alcuna iniziativa o preferenza personale, anche se in grado di trovare soluzioni ai problemi dell'utente e di realizzare piani e azioni appropriate.

2.4 Autonomia di goal

Questo tipo di autonomia rappresenta la vera natura dell'agente sociale.

Un agente *può* accettare e adottare goal da fuori mediante ordini, richieste, aspettative, norme, ma questo non ostacola la sua autonomia.

Per ottenere un'autonomia di goal però un agente/sistema dovrebbe essere dotato con goal propri, che non devono essere ricevuti da fuori come comandi contingenti.

Questa non è l'unica condizione. Infatti la decisione di adottare altri goal è presa sulla base di questi goal. Si parla per questo di agenti/sistemi *auto-motivati*. E' chiaro che se in ogni caso e circostanza un agente fa quello che gli viene richiesto, l'agente non sarà goal-autonomy. Non sarà autonomo nemmeno se non esegue i task richiesti solo a causa di errori, incomprensioni o inabilità.

Per essere (goal-)autonomo dagli altri, dovrebbe essere capace di scegliere di rifiutare l'obbedienza, come pure di accettare le richieste di altri per proprie personali ragioni.

Questo è il punto principale. Se un agente decide di fare qualcosa per proprie

personali ragioni o goal, la sua decisione è autonoma se è conforme con le altre richieste o meno. Chiaramente è ugualmente autonomo sia se rifiuta sia se accetta.

Più formalmente, si può dire che un agente è goal-autonomo se ha un suo goal da raggiungere o se adotta un task da un altro agente.

2.5 Interazione fra autonomia esecutiva e autonomia di goal

L'autonomia esecutiva e l'autonomia di goal sono fra loro relazionati in maniera interessante. Infatti, da una parte, il fatto che un agente abbia a propria disposizione un set di abilità e risorse/strumenti può influenzare di per sé l'introduzione/creazione/adozione di specifici goal da raggiungere o per lo meno può influenzare il modo in cui un particolare goal può essere perseguito. Dall'altra parte, la presenza e la persistenza di un set di goal in un agente può influenzare l'agente stesso nell'identificare/selezionare/costruire specifiche competenze e abilità (o acquisire risorse) allo scopo di avere autonomia esecutiva per raggiungere questi goal.

In altre parole, il possesso di certe abilità e risorse potrebbe influenzare l'agente nella selezione tra i suoi goal o nell'acquisizione di nuovi goal; e viceversa l'insieme dei goal che l'agente possiede, potrebbe influenzarlo a sviluppare/acquisire abilità/risorse/strumenti, etc.

Se infatti si considera il caso paradossale di un agente senza alcuna risorsa o conoscenza (interna ed esterna): come potrebbe quest'ultimo generare e costruire propri goal? In questo senso il possesso di un set di goal è una proprietà architetturale e, in più, definisce il problem solving dell'agente (ovvero l'abilità di generare goal corretti sulla base delle risorse disponibili).

2.6 Automia pratica versus autonomia deontica

Un'altra interessante dimensione relativa al concetto di autonomia è quella che si evidenzia nel momento in cui si passa da una semplice analisi a un'analisi organizzativa o sociale.

Infatti, l'introduzione di strutture sociali e organizzative produce una serie di facilitazioni e/o vincoli che l'autonomia dovrà essere in grado di fronteg-

giare.

Per questi motivi, è necessario che la semplice *autonomia pratica* di un agente sia relazionata con la sua *autonomia deontica*. Mediante l'autonomia deontica³, un agente ha il permesso di fare/decidere/interpretare/inferire/etc. Ciò vuol dire che indipendentemente dal fatto che l'agente sia capace o si trovi nelle condizioni pratiche per fare certe cose, l'agente può farle senza violare né norme sociali o legali, né prescrizioni utente/designer.

Come ci sono due tipi di autonomia ci sono anche due tipi di *empowerment* derivanti dall'autonomia ovvero:

- l'empowerment deontico
- l'empowerment pratico o materiale.

Il termine *empowerment* è mutuato dalla psicologia sociale e fa riferimento all'accrescimento spirituale, politico, sociale o della forza economica di un individuo o di una comunità; quindi è un processo verso la consapevolezza e lo sviluppo delle potenzialità. In questo campo, per empowerment si intende l'incremento delle proprie competenze mediante l'esperienza di sé e delle proprie potenzialità.

2.7 Autonomia e consapevolezza

Un'altra relazione molto interessante è quella che intercorre tra autonomia e consapevolezza; in particolare questa relazione è centrale per gli agenti cognitivi.

Se si considera, per esempio, il caso in cui un agente X è controllato da un altro agente Y con eventuale facoltà di intervento sul comportamento di X, è chiaro che quest'ultimo è meno autonomo sia rispetto a Y che per quanto riguarda le proprie azioni e/o goal, questo indipendentemente dal fatto che l'agente sappia di essere controllato o meno.

Il caso interessante è quello in cui Y ha solamente la possibilità di monitorare X senza alcuna possibilità di intervenire. In tal caso X potrebbe comunque credere che il monitoraggio possa in qualche modo cambiare il suo comportamento e ciò porterebbe a una riduzione di autonomia senza in realtà la

³Deontica deriva dal verbo greco *déon*, il cui significato principale, pur non essendo l'unico, è *dovere*. Riguarda obbligazioni, permessi e concetti relativi.

presenza di alcun tipo di vincolo. In effetti questi vincoli possono in realtà non esistere proprio, perché:

- l'agente Y non può intervenire effettivamente sul comportamento di X
- la credenza dell'agente X è errata.

In altre parole, il fatto di sapere (o credere) di essere monitorati può cambiare il comportamento dell'agente controllato, portando a una riduzione (o in altri casi a un aumento) del livello di autonomia. Questo potrebbe accadere perché, per esempio, l'agente controllato non vuol far sapere all'agente controllore i suoi comportamenti errati per motivi di reputazione o simili.

La cosa da sottolineare è che gli agenti cognitivi hanno uno speciale status, ovvero se credono qualcosa, sia essa vera o falsa, questo può produrre un cambiamento del loro comportamento.

Una conseguenza di tale affermazione è che per eseguire un'azione o per perseguire un goal, un agente cognitivo deve sapere di essere in grado di eseguire questi compiti. Questo deriva dal fatto che gli agenti cognitivi hanno azioni intenzionali e le loro interazioni sono basate sulle proprie credenze relativamente alle loro utilities (preferenze), risorse, abilità, etc.

In altre parole, se un agente cognitivo non sa di avere una certa risorsa o di essere in grado di fare qualcosa, questo solo fatto lo rende dipendente da qualcun'altro o non autonomo.

3 Le dimensioni dell'autonomia

Alcune importanti dimensioni relative all'autonomia, come presentato nel lavoro di Jeffrey M. Bradshaw et al. in [3], possono essere rappresentate graficamente come mostrato in figura 1.1.

Si noti come la figura 1.1 non mostri ogni possibile configurazione delle dimensioni, ma piuttosto esemplifica un particolare insieme di relazioni relative alle azioni di un particolare insieme di agenti in una data situazione.

Esistono due dimensioni base:

- una dimensione *descriptive* (descrittiva) che corrisponde al primo significato di autonomia, ovvero la *self-sufficiency*. Tale dimensione, che in figura 1.1 si estende orizzontalmente, descrive le azioni che un agente è *capace* di eseguire in un dato contesto

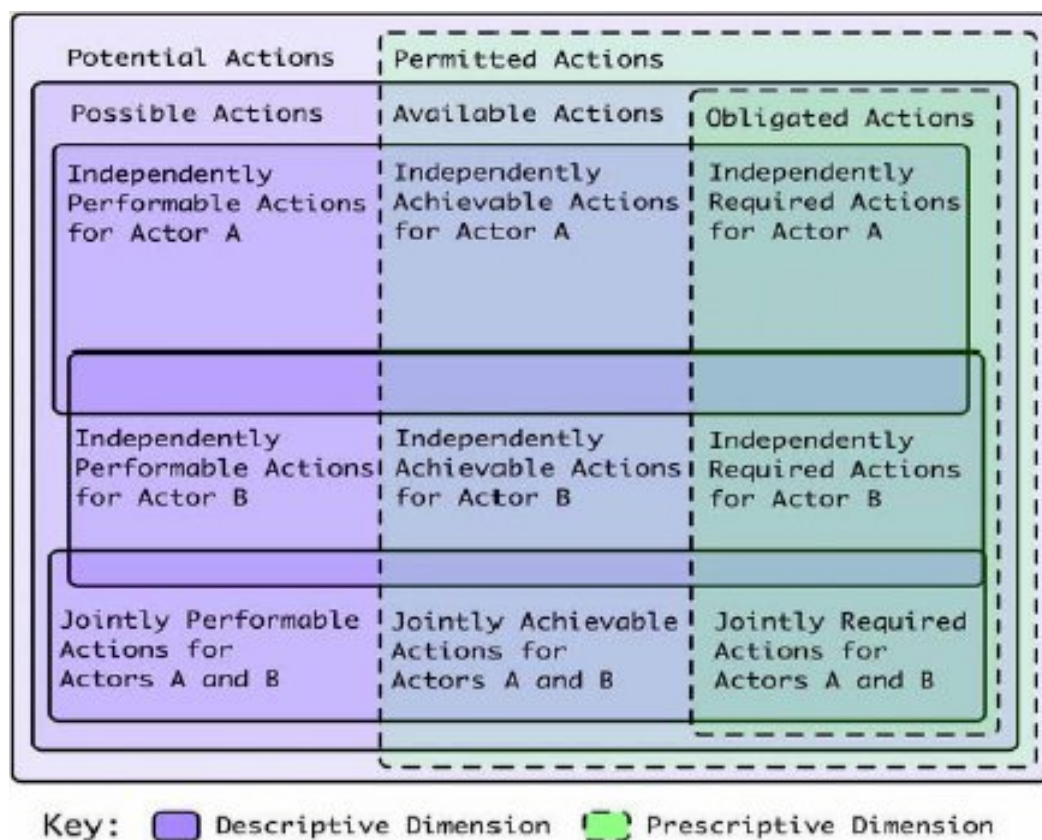


Figura 1.1: Alcune dimensioni dell'autonomia

- una dimensione *prescriptive* (prescrittiva) che corrisponde al secondo significato di autonomia, ovvero la *self-directedness*. Tale dimensione, che in figura 1.1 si estende verticalmente, descrive le azioni che un agente *può* o *deve* eseguire in un dato contesto, in virtù di politiche vincolanti (*policy*) in vigore.

Nel seguito verrà descritto più nel dettaglio quanto mostrato in figura 1.1.

3.1 Dimensione descrittive (descrittiva)

La dimensione descrittiva, come detto in precedenza, si sviluppa orizzontalmente, considerando la figura 1.1, e viene rappresentato mediante rettangoli il cui bordo presenta una linea continua.

Il rettangolo etichettato con la dicitura *potential actions*, ovvero il più esterno, rappresenta l'insieme di *tutte* le azioni utilizzabili in *tutte* le situazioni

definite nelle ontologie correntemente in uso. E' da evidenziare il fatto che non sia necessario rappresentare qualunque azione del caotico *universo delle azioni* potenziali e sconosciute, ma bensì solamente quelle che sono conseguenza della rappresentazione delle *policy* e del *reasoning*, utili anche a definire l'*adjustable autonomy*.

Il rettangolo etichettato con la dicitura *possible actions* rappresenta l'insieme delle azioni potenziali la cui esecuzione da parte di uno o più agenti è considerato plausibile in una data situazione. Si noti come la definizione di possibilità sia strettamente legata al concetto di *affordances*, che mette in relazione le caratteristiche delle situazioni alle classi di agenti capaci di sfruttare tali caratteristiche per l'esecuzione delle azioni. Infatti, come espresso da Norman in [10]:

« *Affordances* riflette le possibili relazioni tra gli attori e gli oggetti: essi sono proprietà del mondo ».

Di queste possibili azioni, solo alcune verranno considerate eseguibili per un dato agente (per esempio l'Actor A guardando la figura 1.1) in una data situazione. Entra così in gioco la *capability* (la capacità) che risulta essere funzione delle *abilities* e delle *conditions* necessarie ad un agente per intraprendere con successo alcune azioni in un dato contesto.

Per *abilities* si intende, per esempio, la conoscenza, le capacità, le abilità; mentre per *conditions* si intende condizioni come, per esempio, il fatto di avere o meno certe risorse pronte all'uso.

Si può notare come certe azioni possano essere eseguite *indipendentemente* da un solo specifico agente (per esempio o solo dall'Actor A o solo dall'Actor B guardando la figura 1.1) rappresentate graficamente dal rettangolo con dicitura *Independently Performable Actions for Actor A (for Actor B)*; mentre altre possano essere eseguite da un qualunque agente (ovvero sia dall'Actor A che dall'Actor B guardando la figura 1.1). Tale possibilità è rappresentata dall'intersezione tra i due rettangoli con dicitura iniziale '*Independently Performable Action for...*'⁴.

⁴Benchè in figura 1.1 venga mostrato che gli attori A e B condividono lo stesso insieme di possibili azioni, è chiaro che questo non sempre è vero.

Come si può notare esistono anche azioni che possono essere eseguite solo *congiuntamente* attraverso un insieme di agenti, che vengono rappresentate graficamente attraverso il rettangolo con dicitura *Jointly Performable Actions for Actor A and B*⁵.

3.2 Dimensione prescriptive (prescrittiva)

La dimensione prescriptive, come detto in precedenza, si sviluppa verticalmente, considerando la figura 1.1, e viene rappresentato mediante rettangoli il cui bordo presenta una linea tratteggiata.

Lungo la dimensione prescrittiva, politiche dichiarative possono specificare *permessi* ed *obbligazioni*. Un agente è libero fino al momento in cui le proprie azioni non sono limitate da permessi o obbligazioni.

Quello che può accadere è che delle *autorità* impongano o rimuovano involontarie politiche che vincolino le azioni degli agenti o alternatively gli agenti possono volontariamente stringere degli *accordi* che li vincolino a un certo insieme di politiche per la durata dell'accordo stesso.

Il rettangolo etichettato con la dicitura *permitted actions* è determinato attraverso le *politiche di autorizzazione* che specificano quali azioni un singolo agente o un insieme di agenti può eseguire o meno in un dato contesto. Le politiche che:

- consentono di eseguire delle azioni in dati contesti sono dette *autorizzazioni positive* o più brevemente *A+ policy*
- non consentono di eseguire delle azioni in certi contesti sono dette *autorizzazioni negative* o più brevemente *A- policy*.

L'intersezione fra l'insieme delle azioni permesse (*permitted actions*) e l'insieme delle azioni possibili (*possible actions*) determina l'insieme delle azioni disponibili (ovvero le *available actions*).

Di queste azioni disponibili, per un dato agente o per un certo insieme di agenti, alcune possono essere compiute *indipendentemente*, come già definito

⁵Si noti che l'insieme delle azioni eseguibili congiuntamente si sovrappone solo con l'Actor B e non con l'Actor A per pura semplicità di rappresentazione.

in precedenza per le azioni possibili, mentre altre possono essere conseguite solo congiuntamente ad altri agenti/attori.

Il rettangolo etichettato con la dicitura *obligated actions* è, invece, determinato attraverso le *politiche di obbligazione*, che specificano le azioni che un agente o un insieme di agenti è obbligato ad eseguire o per cui tale obbligatorietà è stata revocata.

Le politiche che:

- obbligano l'esecuzione di certe azioni sono dette *obbligazioni positive*, o più brevemente *O+ policy*
- revocano l'obbligatorietà di certe azioni, a fronte di certi requisiti, sono dette *obbligazioni negative*, o più brevemente *O- policy*

Come prima, anche in questo caso, alcune delle azioni obbligate devono essere eseguite in maniera indipendente oppure congiuntamente ad altri agenti.

3.3 Gradi di autonomia: casi estremi

Per capire meglio i vari gradi di autonomia che si possono avere in considerazione di quanto detto, vediamo in dettaglio il caso generale e i casi estremi mostrati in figura 1.2⁶.

I casi esposti in figura 1.2 sono:

- *libertà assoluta* (absolute freedom), condizione che rappresenta l'assenza di vincoli deontici che disciplinino le azioni di un attore, si ottiene quando ogni azione potenziale è consentita
- *capacità assoluta* (absolute capability), condizione rappresentante l'estremo della self-sufficiency, si ottiene quando un attore è in grado di eseguire qualunque azione possibile da lui raggiungibile
- *autonomia assoluta* (absolute autonomy) combina la libertà assoluta e la capacità assoluta, ciò significa che solo l'impossibile non è raggiungibile.

⁶Per semplificare la rappresentazione grafica, la dimensione dell'obbligazione è stata omessa.

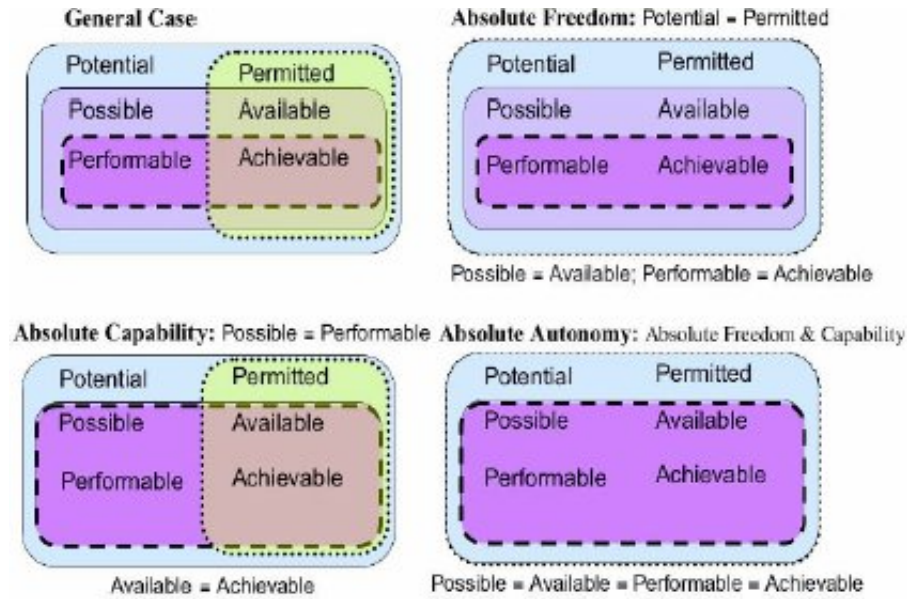


Figura 1.2: Il caso generale e i suoi estremi

4 Confronto tra autonomia e dimensioni dell'autonomia

Le dimensioni dell'autonomia presentate nella sezione 3 (secondo il modello di Jeffrey M. Bradshaw et al. descritto in [3]) sono quelle considerate maggiormente pertinenti per quanto riguarda l'adjustable autonomy che verrà discussa nel capitolo successivo.

E' possibile fare un confronto tra alcune di queste dimensioni e gli aspetti dell'autonomia (descritti da Castelfranchi C. & Falcone R. in [2]) presentati in sezione 2.

L'*autonomia rispetto all'ambiente* può essere espressa in termini di *possibili azioni disponibili all'agente*. Più il comportamento è interamente deterministico in presenza di una serie di fattori ambientali fissati, più piccola sarà la gamma delle possibili azioni disponibili per l'agente.

L'aspetto della *self-sufficiency nell'autonomia sociale* (*autonomia come indipendenza*) si riferisce agli ambiti di *ciò che può essere realizzato indipendentemente dalle altre entità* rispetto a quello che può essere raggiunto di comune accordo con gli altri.

L'*autonomia deontica* corrisponde alla *gamma di permessi e obbligazioni* che regolano la scelta tra le azioni dell'agente.

5 Autonomia e delegazione

Secondo lo studio presentato da Falcone R. & Castelfranchi C. in [4], [5] e anche in [2] per poter capire come regolare il livello di autonomia e come arrivare a un livello dinamico di controllo, è necessaria una esplicita *teoria di delegazione* che specifichi le differenti dimensioni e livelli di delegazione e che relazioni queste ultime alla nozione e ai livelli di autonomia.

Questo fornirà un principio base per la modellazione degli adattamenti e delle sue dimensioni, quindi non sarà semplicemente una base empirica.

E' stato realizzato un complesso modello di relazioni tra la fiducia, il controllo e l'autonomia; dove l'autonomia è basata sulla fiducia e l'evoluzione dinamica della fiducia è strettamente connessa con il controllo e la possibilità di adeguare la delega (autonomia) stessa.

Nel seguito si farà riferimento a una nozione pratica e non molto generale di autonomia. In particolare ci si riferirà all'*autonomia sociale* nei rapporti collaborativi fra gli agenti.

Per questi motivi si distinguerà tra:

- *autonomia di meta-livello (meta-level autonomy)* che evidenzia quanto l'agente sia in grado e nelle condizioni di negoziare la delega o di cambiarla (a questo proposito, per esempio, uno schiavo non è autonomo in quanto non può negoziare o rifiutare)
- *autonomia di realizzazione (realization autonomy)* significa che l'agente ha più o meno discrezione nel trovare una soluzione per un problema assegnato o un piano per un goal attribuito.

Entrambe sono forme di *autonomia di goal*, il primo a più alto livello, il secondo a livello strumentale.

La delegazione e l'adozione sono due ingredienti base per qualunque collaborazione e organizzazione. Infatti, la stragrande maggioranza dei DAI e MAS, CSCW e sistemi di negoziazione, protocolli di comunicazione e agenti software cooperativi sono basati sul concetto che la cooperazione opera attraverso l'assegnazione di alcuni task (o sotto-task) da un determinato agente

(individuale o complesso) a un altro agente, attraverso qualche ‘richiesta’ (offerta, proposta, annuncio, etc.) che incontra alcuni ‘impegni’ (offerta, aiuto, contratto, adozione, etc.).

Teoria di delegazione/adozione

La nozione di delegazione è già molto familiare ed esplicitamente discussa nel dominio dei MAS, della collaborazione e nel team-work (lavoro di squadra), tuttavia verrà nel seguito introdotta una qualche nozione informale.

Nella *delegazione* un agente *A* necessita o predilige un’azione di un altro agente *B* e la include nel proprio piano. In altre parole, *A* prova a raggiungere alcuni dei suoi goal attraverso le azioni di *B*; ciò vuol dire che *A* ha come obiettivo che *B* esegua una data azione.

L’agente *A* sta quindi costruendo un piano e *B* ha una sua parte, un compito (come mostrato in figura 1.3).

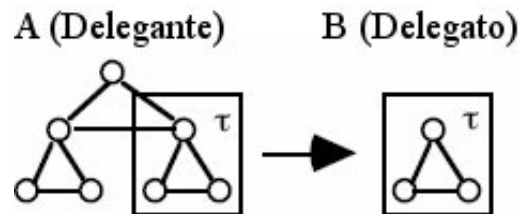


Figura 1.3: *A* delega un compito a *B* che diventa parte del suo piano

Dall’altra parte, nell’*adozione* un agente *B* acquisisce o ha un goal dal momento, e per tutto il tempo, in cui questo è un goal di un altro agente (agente *A*). Ovvero *B* ha l’obiettivo di eseguire un’azione, perché tale azione è inclusa nel piano di *A*. In questo modo l’agente *B* gioca una parte nel piano di *A* (alle volte *A* non ha un piano, ma solo una necessità o un goal), dato che *B* sta facendo qualcosa per *A* (come mostrato in figura 1.4).

Nel modello presentato da Castelfranchi C. & Falcone R. la delegazione e l’adozione di goal (obiettivi) sono caratterizzate in termini di un particolare insieme di stati mentali (ingredienti cognitivi) degli agenti coinvolti nell’interazione. Infatti, una *delegazione* (o una *adozione*) è una serie di credenze, goal, intenzioni, impegni, etc.

Nel seguito si presupporrà che *delegare un’azione implichi necessariamente*

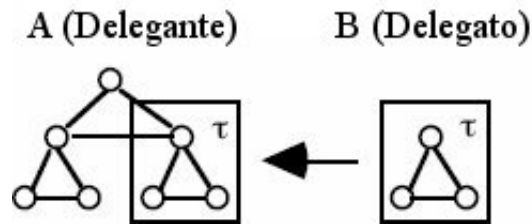


Figura 1.4: B gioca una parte nel piano di A

delegare alcuni risultati di quell'azione (ad esempio, si attendono alcuni risultati dall'azione del delegato e si conta su di esso per ottenere tali risultati). Al contrario, *delegare uno stato goal* implicherà sempre la delegazione di almeno un'azione (possibilmente sconosciuta al delegante) che produce tale stato goal come risultato (anche quando il delegante chiederà al delegato di risolvere un problema e di raggiungere uno stato goal, senza conoscere o specificare l'azione, il delegante presuppone necessariamente che il delegato debba fare e farà una qualche azione per raggiungere lo scopo e si affida a questo).

Si può notare che la teoria di delegazione presentata non è limitata a spiegare e modellare relazioni interpersonali, infatti, i concetti di base possono anche essere applicati ad altri importanti concetti come:

- *delegazione istituzionale* in cui il delegante trasferisce al delegato non solo alcuni task, ma anche alcuni diritti, obblighi, responsabilità, poteri e simili
- *ruoli e prescrizioni nelle organizzazioni*, in quanto i ruoli possono essere analizzati anche come insiemi di task delegati.

Le dimensioni principali della delegazione/adozione su cui si focalizzerà l'analisi sono:

- *tipi di delegazione basati sull'interazione* (*interaction-based types of delegation*)
- *tipi di delegazione basati sulla specifica* (*specification-based type of delegation*)
- *tipi di delegazione basati sul controllo* (*control-based types of delegation*).

5.1 Interaction-based types of delegation

E' caratterizzato da tre casi generali ovvero:

- *delegazione debole (weak delegation)*
- *delegazione media (mild delegation)*
- *delegazione forte (strong delegation)*

Questi rappresentano i differenti gradi di intensità della delegazione stabilita. Nel seguito saranno spiegati più in dettaglio.

5.1.1 Delegazione debole (weak delegation)

E' una delegazione semplicemente basata sullo sfruttamento di un'altra entità per il raggiungimento del task. Non c'è accordo, né richiesta o influenza. Il delegante sfrutta solamente nel proprio piano un'azione completamente autonoma del delegato.

In altre parole, il delegante deve solo riconoscere la possibilità che il delegato realizzi una certa cosa e che questa realizzazione sarà utile per il delegante stesso che ne aspetterà 'passivamente' la realizzazione.

5.1.2 Delegazione media (mild delegation)

E' una delegazione basata sull'induzione. Non c'è accordo, né richiesta, ma il delegante provoca e induce il delegato al comportamento desiderato allo scopo di poterlo sfruttare.

5.1.3 Delegazione forte (strong delegation)

E' una delegazione basata su uno specifico accordo. Questo vuol dire che il delegante raggiunge attivamente il task attraverso un accordo con il delegato. E' basato sull'adozione da parte del delegato del task del delegante in risposta a una richiesta/ordine da parte del delegante stesso. Quello che si realizza è una specie di 'contratto'.

5.2 Specification-based types of delegation

Una importante dimensione per la delegazione (adozione) riguarda il modo in cui il task viene specificato nell'azione di delegazione, come questa specifica influenzi l'autonomia del delegato, come le differenti specifiche del task (o i differenti livelli di granularità nell'interpretazione della specifica di task) per il delegante e il delegato possano produrre incomprensioni e conflitti. E' possibile riconoscere due casi:

- *delegazione chiusa (close delegation) o esecuzione pura*
- *delegazione aperta (open delegation)*

5.2.1 Delegazione chiusa (close delegation) o esecuzione pura

In questo caso l'oggetto della delega è completamente specificato.

Questo vuol dire che il delegante si aspetta solo che il delegato esegua una o più azioni elementari e il delegato crede che il delegante lo abbia delegato alla semplice esecuzione di una o più azioni elementari come mostrato in figura 1.5.

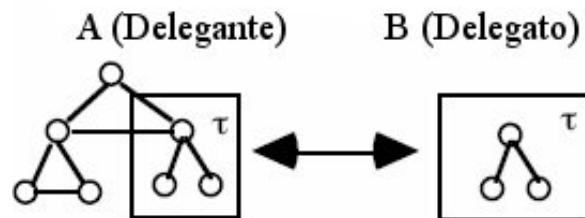


Figura 1.5: Delegazione Chiusa (Close Delegation)

5.2.2 Delegazione aperta (open delegation)

In questo caso l'oggetto della delega può essere solo specificato in minima parte.

Esistono due tipi di delegazione aperta:

- il primo è relativo alla delegazione di un piano o sottopiano
- il secondo è relativo all'opportunità di agire o meno.

Più in dettaglio, nel primo caso il delegante crede di delegare un task non completamente specificato, questo vuol dire che sta delegando o una azione complessa/astratta oppure solo un risultato (uno stato del mondo) come mostrato in figura 1.6.

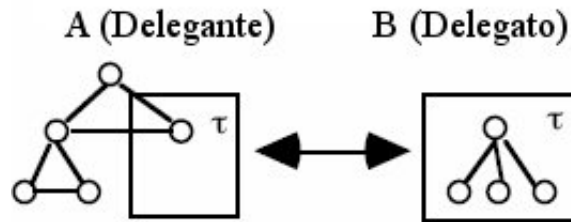


Figura 1.6: Delegazione Aperta (Open Delegation)

Nel secondo caso si chiede, invece, di fare qualcosa solo se è verificata una condizione (ovvero ‘se è il caso allora realizza l’oggetto della delegazione’). Questo è un caso speciale di *delegazione condizionale* del tipo «if q then does p ». Con q completamente specificato, si ha una forma di delegazione di controllo, anche se non una delegazione aperta visto che ogni cosa è completamente specificata. In realtà si può notare che il delegato ha ancora qualche grado di discrezione relativamente all’esecuzione o meno del task, dato che è delegato a testare autonomamente la condizione per la propria azione. Si consideri anche che l’esecuzione del test potrebbe essere un’azione complessa, che richiede un piano autonomo e una discrezionalità su di esso. In questo caso la delegazione sarebbe nuovamente aperta (open delegation).

Riprendendo l’analisi del secondo tipo di delegazione aperta, si può dire che si realizza una delegazione *aperta-condizionale* del tipo ‘if è il caso, then realizza l’oggetto della delegazione’, dove il delegato è completamente libero di accertarsi e decidere quando e come sia il caso di realizzare l’oggetto della delegazione come mostrato in figura 1.7.

La condizione, quindi, non è specificata affatto ed è compito del delegato specificarla.

Da sottolineare che la scelta della delegazione aperta non è causata solo dalle preferenze del delegante, da un limitato know-how o da limitate competenze, ma è anche fondamentale perché sopperisce all’ignoranza del delegante sul mondo circostante e sulle sue dinamiche.

In effetti, spesso non è possibile o conveniente specificare completamente

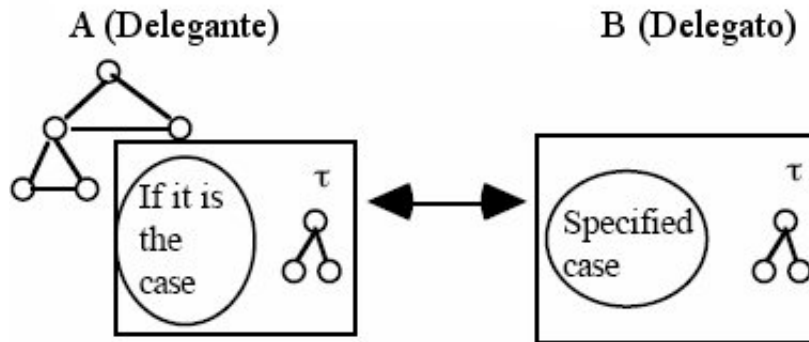


Figura 1.7: Delegazione Aperta Condizionale (Open-Conditional Delegation)

l'oggetto della delegazione, perché è necessaria una conoscenza locale ed aggiornata per essere in grado di eseguire con successo quella determinata parte di piano.

La delegazione aperta è una delle basi della *flessibilità* dei piani dei MAS distribuiti.

Il delegante può delegare un intero piano o alcune delle sue parti (*delegazione parziale*). La combinazione della delegazione parziale (dove il delegato può ignorare le altre parti del piano) e della delegazione aperta (dove il delegante può ignorare i sotto-piani scelti e sviluppati dal delegato) creano la possibilità che il delegante e il delegato collaborino in un piano che non condividono e che nessuno conosce completamente.

In questo caso si parla di *piano distribuito*.

E' chiaro che quando si delega, per esempio, un'azione ad un'altra entità si deleghino anche delle meta-azioni come la ricerca, la pianificazione, la scelta, la risoluzione di problemi, etc. Tutto questo va sotto il nome di *discrezione* del delegato.

5.3 Control-based types of delegation

Il controllo è visto come una (meta)azione che mira a:

- accertarsi se un'altra azione è stata eseguita con successo o se un dato stato del mondo è stato realizzato o mantenuto (*feedback*, checking)
- far fronte alle possibili deviazioni ed eventi imprevisti per essere in grado di affrontarli positivamente (*intervention*).

Considerando, per semplicità, che l'azione di controllo sia eseguita da un singolo agente, ci sono almeno quattro modalità in cui si può esercitare il controllo:

- il delegante delega il controllo al delegato. In questo caso il delegante non verifica (direttamente) il successo dell'azione delegata al delegato
- il delegante delega il controllo a un terzo agente
- il delegante rinuncia al controllo. Ciò vuol dire che nessuno è delegato a controllare il successo della delega
- il delegante mantiene il controllo.

Ognuna di queste possibilità può essere esplicita o implicita:

- nella delegazione dell'azione
- nei ruoli degli agenti (se fanno parte di una struttura sociale)
- nelle precedenti interazioni fra delegante e delegato.

E' possibile riassumere in maniera grafica tutte e tre le dimensioni della delegazione appena esposte come mostrato in figura 1.8, dove ognuna di queste dimensioni caratterizza la variabilità dell'azione di delegazione.

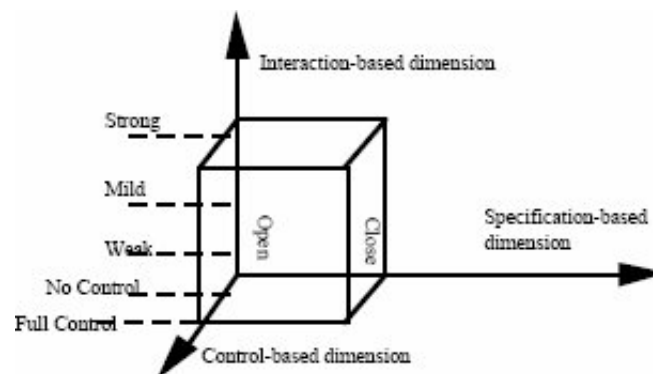


Figura 1.8: Le tre principali dimensioni della delegazione

L'autonomia del delegato aumenta tanto più si va verso l'origine dello spazio cartesiano entro il solido di figura 1.8. Ognuna di queste dimensioni implica, infatti, uno specifico aspetto dell'autonomia del delegato relativamente al task.

Capitolo 2

Adjustable Autonomy

1 Adjustable autonomy: introduzione

L'adjustable autonomy consiste nell'abilità di imporre e modificare *dinamicamente* i vincoli che influenzano la gamma delle azioni che gli agenti possono eseguire con successo. Questo consente di avere il più alto grado di autonomia utile, mantenendo contestualmente un accettabile livello di fiducia.

La sfida importante nella progettazione di sistemi intelligenti è infatti quello di assicurare che il grado di autonomia sia continuamente e trasparentemente regolabile, in modo da soddisfare qualunque aspettativa di performance che sia stata imposta dal system designer, dagli utenti e dagli agenti con cui il sistema interagisce. Si prenda atto prima di tutto che *più autonomia non sempre è la scelta migliore*. In effetti un agente primitivo non sufficientemente monitorato e impropriamente dotato di libertà illimitata può costituire un pericolo sia per gli altri che per sé.

D'altro canto, un agente capace, ma assoggettato da troppi vincoli non realizzerà mai in pieno il suo potenziale.

Quindi, un obiettivo primario per l'adjustable autonomy è mantenere il sistema disciplinato con un buon rapporto tra convenienza e comfort, dove per convenienza si intende, per esempio, la capacità di delegare ogni piccola cosa del lavoro degli agenti al sistema, mentre per comfort si intende, per esempio, il desiderio di non delegare al sistema cose che non possono essere eseguite adeguatamente.

Assicurare che gli agenti opereranno in maniera sicura entro limiti ben de-

finiti e che risponderanno in maniera tempestiva al controllo esterno sono caratteristiche richieste per essere accettabili dagli utenti nell'esecuzione di compiti non banali.

Gli utenti necessitano di sapere che gli agenti saranno in grado di gestire circostanze inaspettate che richiedono l'adeguamento del loro attuale stato di autonomia in modo flessibile e affidabile.

L'accoppiamento dell'autonomia con i meccanismi per un'adeguata regolazione dell'autonomia dà agli agenti massima libertà per l'adattamento locale a fronte di problemi imprevisti e opportunità, assicurando inoltre agli utenti che il comportamento degli agenti sarà mantenuto entro certi limiti. Se ciò avviene, i meccanismi per adjustable autonomy consentiranno di assicurare ancora di più che la definizione di questi limiti possa adeguatamente rispondere a circostanze inattese.

Tutto questo, ovviamente, complica il compito del progettista di agenti, un fatto che ha dato maggiore slancio a sviluppare ampie teorie e framework general-purpose per l'adjustable autonomy che potessero essere poi riutilizzati in più agenti, domini e applicazioni possibili.

Il fatto che i servizi per l'adjustable autonomy possano essere realizzati con competenza e per un conveniente uso entro le più popolari piattaforme di sviluppo, consente a chi progetta gli agenti di concentrare la propria attenzione in maniera più completa sulle capacità uniche dei singoli agenti che si stanno sviluppando, contando su servizi esistenti per assistere in maniera trasversale quello che riguarda le interazioni utenti/agenti. Per regolare e adeguare l'autonomia possono essere intraprese strade diverse, nel seguito verranno esposti i diversi approcci per ottenere tale obiettivo. Il primo riguarda l'adeguamento delle dimensioni dell'autonomia con riferimento al modello presentato nella sezione 3 del capitolo 1. Verrà presentato quindi un componente realizzato sulla base di tali considerazioni.

Basandosi in parte sul medesimo modello sopra citato, verranno analizzate ulteriori dimensioni che possono essere adattate per ottenere un sistema regolabile e ciò consentirà di aprire nuovi scenari. Anche per questa sezione sarà presentato una realizzazione o meglio un framework che si propone di seguire queste 'nuove' dimensioni.

Infine si propone come ultimo passo, quello di considerare l'adeguamento

della delegazione come un ulteriore fonte di regolazione dell'autonomia.

2 Primo approccio: dimensioni autonomia (modello Bradshaw)

In questa sezione si andranno a considerare alcune dimensioni su cui l'autonomia può essere regolata in riferimento a quanto esposto nella sezione 3 del capitolo 1 e di cui in figura 2.1 è riportata nuovamente la sua rappresentazione grafica. Nel seguito verrà esposto come è possibile regolare l'autonomia agendo sulle diverse dimensioni mediante l'uso di opportune politiche.

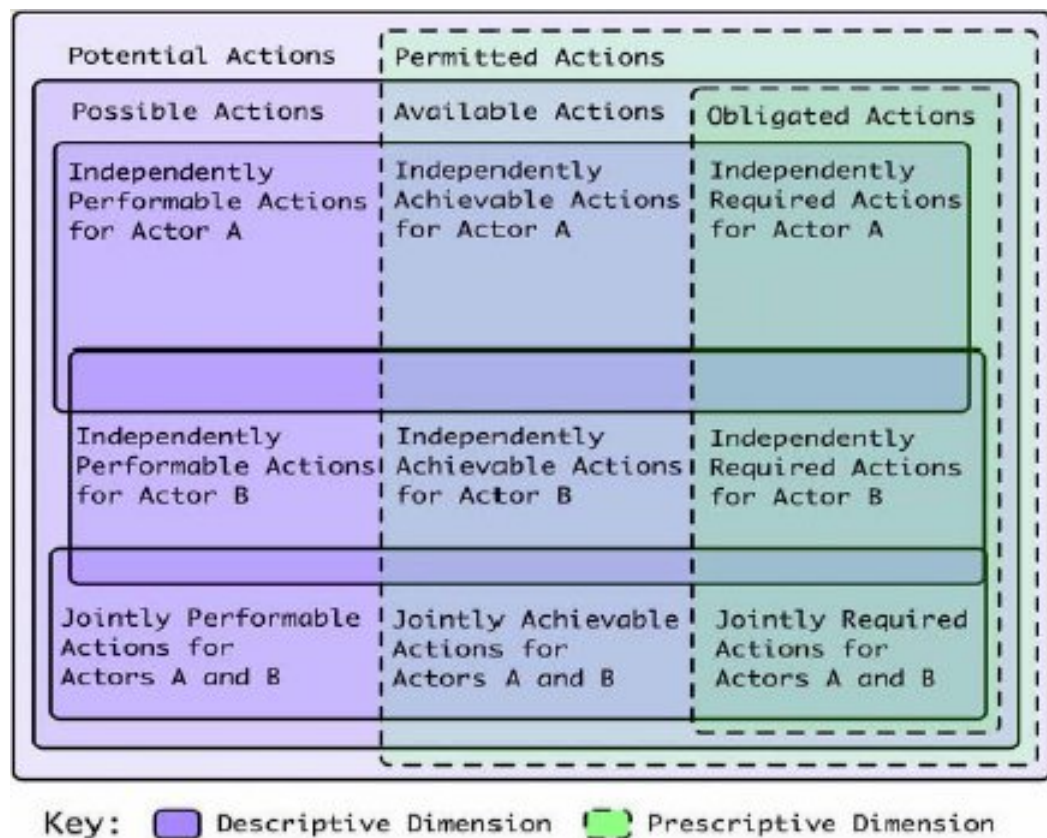


Figura 2.1: Alcune dimensioni dell'autonomia

2.1 Adeguamento permessi

Il primo caso che va considerato è quello dell'adeguamento dei permessi (adjusting permissions).

Ridurre i permessi può essere utile se si è concluso, per esempio, che un agente tenta abitualmente azioni che non è capace di eseguire con successo; come nel caso di un robot che continua a contare su un sensore difettoso.

Un altro caso in cui la riduzione di permessi può risultare desiderabile è quando la deliberazione (o l'esecuzione) relativa a certe azioni da parte di un agente può portare a costi o ritardi inaccettabili.

In figura 2.2 è mostrata graficamente la riduzione dei permessi, proprio allo scopo di prevenire il superamento di quelle che sono le capacità dell'agente stesso.

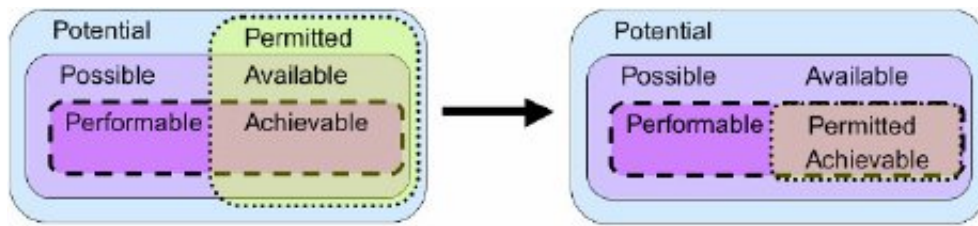


Figura 2.2: Riduzione Permessi

E' chiaro, a questo punto, che se un agente sa di essere capace di eseguire con successo delle azioni che vanno oltre a quello che gli è attualmente permesso di fare, i permessi potrebbero essere aumentati di conseguenza come mostrato in figura 2.3.

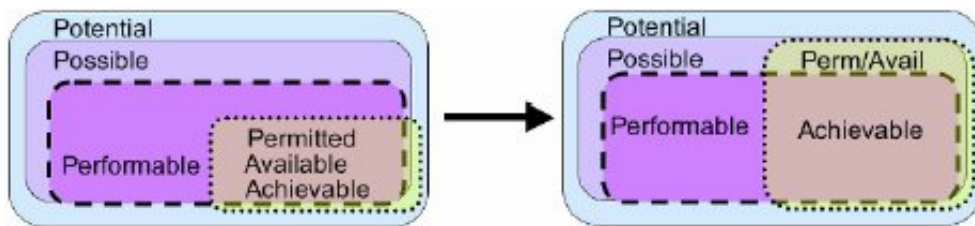


Figura 2.3: Incremento Permessi

Per esempio, un robot di volo i cui compiti erano stati precentemente limitati al pattugliamento dei corridoi della stazione spaziale per anomalie atmosferiche potrebbe essere dotato di ulteriori autorizzazioni che gli consentano di

impiegare le sue capacità di sensing precedentemente inattive per effettuare l'inventario dell'equipaggiamento, mentre è in roaming.

2.2 Adeguamento obblighi

Un agente 'sotto-obbligato' (ovvero con pochi obblighi), può vedere aumentati i propri obblighi, chiaramente fino al limite di ciò che è realizzabile, attraverso l'assegnamento di task aggiuntive.

Per esempio, nell'eseguire le azioni congiuntamente ad altri, un agente potrebbe essere obbligato a rendere noto frequentemente il suo stato o ricevere permessi espliciti da un utente prima di procedere ad adottare alcune azioni. D'altra parte, a un agente non dovrebbe essere richiesto di eseguire alcuna azione che vada oltre i suoi permessi, capacità o possibilità. In questi casi, soprattutto se gli obblighi definitivi risultano essere irrealizzabili, può essere preferibile aumentare le autorizzazioni, le capacità o le possibilità (se possibile), in modo da trasformare un obbligo irrealizzabile in qualcosa di fattibile. E' anche vero, però, che un agente che risulti essere invece 'sovra-impegnato' può talvolta vedere adeguata la sua autonomia a livelli gestibili attraverso la riduzione della sua attuale serie di obblighi.

Questo può essere fatto attraverso la delegazione, l'agevolazione o la rinegoziazione delle deadlines (scadenze) relative agli obblighi.

In alcune circostanze, l'agente può necessitare di rinnegare i suoi obblighi al fine di realizzare compiti di priorità più elevata.

La figura 2.4 evidenzia come si possano diminuire le obbligazioni per aderire a quelle che sono le capacità dell'agente stesso.

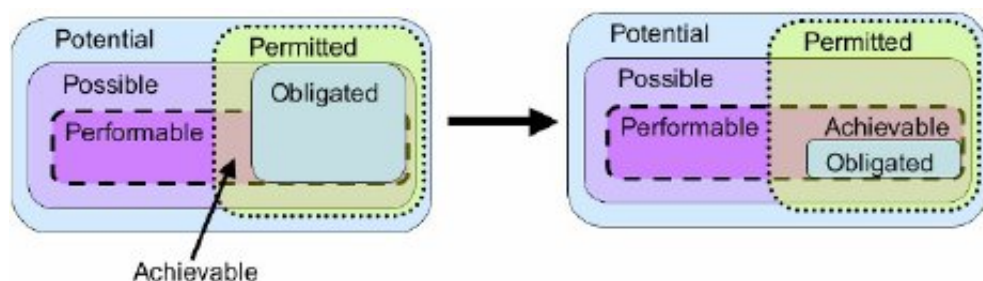


Figura 2.4: Riduzione Obblighi

2.3 Adeguamento possibilità

Un agente altamente capace può talvolta eseguire al di sotto delle proprie capacità a causa di vincoli inerenti all'attuale contesto, come la restrizione sulle risorse disponibili.

Per esempio, una limitazione fisica sulla larghezza di banda disponibile per il più vicino punto di accesso wireless può costringere un agente a comunicare a un rate più basso rispetto a quello che gli è consentito e che è capace di fare.

In alcune circostanze, invece, è possibile adeguare l'autonomia attraverso l'incremento dell'insieme delle possibilità a disposizione dell'agente stesso.

Per esempio, un agente mobile potrebbe essere in grado di fare cose che erano precedentemente impossibili al rate di comunicazione più elevato possibile solamente passando ad un nuovo host in una differente locazione. Alternativamente, un utente potrebbe rimpiazzare il punto di accesso inferiore con uno più veloce.

In figura 2.5 è mostrato il caso in cui vengano aumentate le possibilità per sfruttare le capacità inutilizzate.

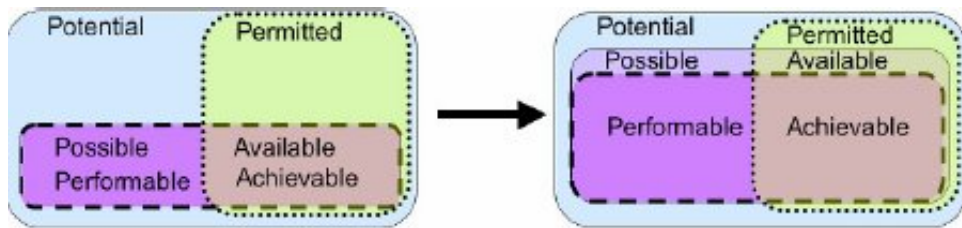


Figura 2.5: Incremento Possibilità

Talvolta la riduzione delle possibili azioni fornisce un potente mezzo per forzare restrizioni alle azioni dell'agente.

Per esempio, un agente che si comporta in maniera non appropriata sulla rete potrebbe essere sanzionato e vincolato da alcune possibilità sulle azioni attraverso il passaggio a un host con restrizioni di accesso alla rete.

In entrambi i casi, l'autonomia è adeguata non manipolando direttamente le risorse stesse, ma piuttosto mettendo l'agente in una situazione che offra maggiori possibilità.

2.4 Adeguamento capacità

Le capacità di un agente influenzano la gamma delle azioni eseguibili. In questo senso, l'autonomia di un agente può essere aumentata o incrementando le sue capacità indipendenti o estendendo le capacità comuni (joint capabilities) attraverso l'accesso ad altri agenti a cui i compiti possono essere delegati o con cui possono essere condivisi.

In realtà le capacità di un agente possono anche essere influenzate dal cambiamento delle condizioni attuali (per esempio l'aggiunta o la riduzione delle risorse necessarie).

Un servizio di adeguamento dell'autonomia volto ad aumentare le capacità di un agente, potrebbe:

- aiutarlo a scoprire gli agenti con cui realizzare congiuntamente un'azione che altrimenti da solo non riuscirebbe ad eseguire
- assisterlo facilitando il differimento, la delegazione, la rinegoziazione oppure rinnegando obblighi al fine di liberare risorse precedentemente impegnate (come prima menzionato nel contesto dell'adeguamento obblighi).

Inoltre, se per esempio, un agente si trovasse nella situazione di aver raggiunto il tetto massimo per alcune risorse computazionali (come la larghezza di banda, la memoria), le politiche di accesso alle risorse potrebbero essere modificate per consentire all'agente di sfruttare le ulteriori risorse/attività necessarie per eseguire alcune azioni. In figura 2.6 è mostrato il caso in cui vengano incrementate le capacità dell'agente per sfruttare al meglio l'insieme delle azioni disponibili.

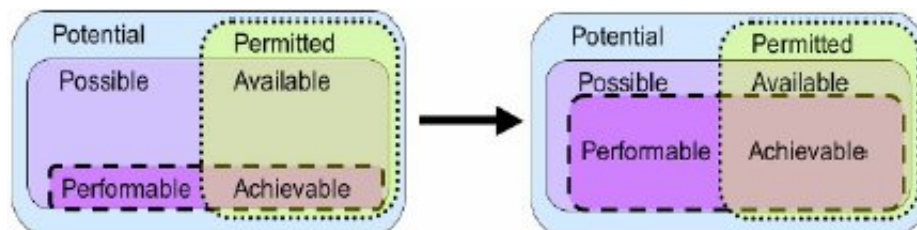


Figura 2.6: Incremento Capacità

2.5 Kaa

Sulla base delle principali dimensioni di autonomia presentate nella sezione 3 del capitolo 1 e dei possibili adeguamenti appena descritti, è stato realizzato il componente Kaa.

Kaa è un acronimo che sta per KAoS aadjustable autonomy ovvero è un componente che permette a KAoS di eseguire automatici adattamenti di autonomia coerenti con le politiche.

Prima di capire come funzioni tale componente è quanto mai doveroso spiegare cosa sia KAoS.

KAoS è un framework che fornisce servizi di gestione delle policy e dei domini per agenti o altre piattaforme informatiche distribuite. E' stato messo in campo in un'ampia varietà di applicazioni multi-agente e informatiche distribuite.

Il *servizio domini di KAoS* fornisce la capacità per gruppi di componenti software, utenti, risorse e altre entità di essere organizzati in domini e sotto-domini per facilitare la collaborazione agente-agente e l'amministrazione di politiche esterne.

Il *servizio politiche di KAoS* consente la definizione, la gestione, la risoluzione dei conflitti e l'esecuzione di politiche semanticamente ricche, definite in OWL, entro i domini.

L'assistenza di Kaa nel realizzare gli adeguamenti di autonomia potrebbe essere necessario in genere quando si prevede che l'attuale configurazione dei membri di un gruppo utenti-agenti abbia portato o probabilmente rischia di portare a un fallimento oppure quando non sia presente alcun utente competente e autorizzato che sia disponibile ad attuare personalmente degli adeguamenti.

In ultima analisi, il valore di effettuare un adeguamento in un determinato contesto, è una questione di utilità attesa: l'utilità di rendere effettivo il cambiamento vs l'utilità dello status quo.

L'attuale realizzazione di Kaa utilizza diagrammi di influenza basati su algoritmi di decisione-teorica per determinare le eventuali modifiche che devono essere fatte nell'autonomia dell'agente. Un *diagramma di influenza* è una rete di comportamento estesa con nodi di tipo speciale per azioni e utilities.

Quando invocato, Kaa prima costruisce un diagramma di influenza sulla base

delle opzioni di regolazione e adeguamento disponibili, delle capacità e condizioni richieste per tali opzioni e in base anche al loro costo.

L'utilità delle diverse opzioni di adeguamento (per esempio incremento e riduzione di permessi e obblighi, acquisizione di capacità, cambiamenti proattivi di situazioni per consentire nuove possibilità) è calcolata assieme ai costi e ai rischi che accompagnano ogni opzione.

Kaa compara l'utilità delle varie opzioni e poi, se il cambiamento dello status quo è giustificato, mette in atto le azioni per realizzare l'alternativa raccomandata.

In sede di valutazione delle opzioni per la riassegnazione dei compiti fra i membri del gruppo, Kaa dovrebbe considerare che il ruolo di regolazione/adeguamento dinamico ha un costo. Quindi, misure di utilità attesa dovrebbero essere idealmente usate nel futuro per valutare i trade-off coinvolti nella potenziale interruzione delle attività in corso degli agenti e degli utenti in tali situazioni per comunicare, coordinare e riassegnare le responsabilità.

2.5.1 Un semplice esempio dell'uso di Kaa

Si supponga che il comportamento di segnalazione di un robot sia disciplinata dalla seguente politica di obbligo positiva O+:

‘Un robot deve emettere un segnale sonoro per qualche secondo prima di iniziare a muoversi’

L'intenzione di tale politica è di avvertire gli altri che si trovano nelle vicinanze di tenersi alla larga quando il robot sta per muoversi.

Prima che il robot tenti di muoversi, la piattaforma di esecuzione del robot, insieme con i componenti della specifica piattaforma KAoS, richiede che il robot interroghi una guardia KAoS, responsabile della gestione delle politiche locali di esecuzione, per sapere se l'azione è autorizzata. La guardia a questo punto recupera e controlla la serie delle politiche rilevanti.

In questo esempio, si supponga che la guardia individui sia una politica di autorizzazione che consenta al robot di muoversi in questo contesto come pure la politica di obbligo descritta sopra.

In condizioni normali, la politica di obbligo porterà prima il robot ad emettere il segnale acustico e poi ritornerà la necessaria autorizzazione perchè il

robot si possa realmente muovere. Tuttavia, certi stati ed eventi, come per esempio un fallimento del robot nell'emettere con successo il suono di avvertimento obbligatorio, determinerà un tentativo da parte di Kaa di intervenire in maniera utile.

In tal caso, l'infrastruttura robot-KAoS crea una descrizione dell'istanza di azione per l'azione fallita che viene poi trasmessa a Kaa, il quale, a sua volta, costruisce dinamicamente un diagramma di influenza basandosi sulle informazioni di stato specifiche presenti nella descrizione di cui sopra, relative alla causa di fallimento e al tipo di politica coinvolta, e combinandole con le informazioni fornite dal servizio directory repository di KAoS (per esempio per recuperare la lista degli agenti che hanno la capacità di emettere un segnale acustico allo scopo di attuare una possibile delegazione).

Per esempio, se:

- l'azione di emettere un segnale sonoro non è eseguibile a causa di una risorsa malfunzionante
- l'azione che fallisce è un obbligo previsto dalla politica
- non ci sono altri agenti con capacità di emettere un segnale acustico

Kaa esclude la possibilità della delegazione, ovvero l'obbligo di eseguire un'azione congiuntamente con un altro robot, e determina che ci sono due alternative:

1. aumentare la gamma delle azioni eseguibili, ovvero rendendo eseguibile un'azione che precedentemente non lo era cambiando risorsa
2. ridurre la gamma delle azioni obbligate.

Si supponga che Kaa determini che sospendere temporaneamente le politiche di obbligo sia la migliore scelta dopo aver considerato le alternative disponibili.

A questo punto, avendo rimosso la preconditione di segnalazione acustica perchè il robot si possa muovere, la guardia può chiaramente ritornare al robot l'autorizzazione che gli consente di muoversi.

In questo modo il robot può finalmente eseguire l'azione di movimento.

Quando le circostanze lo permetteranno, Kaa può reistanziare la politica sospesa.

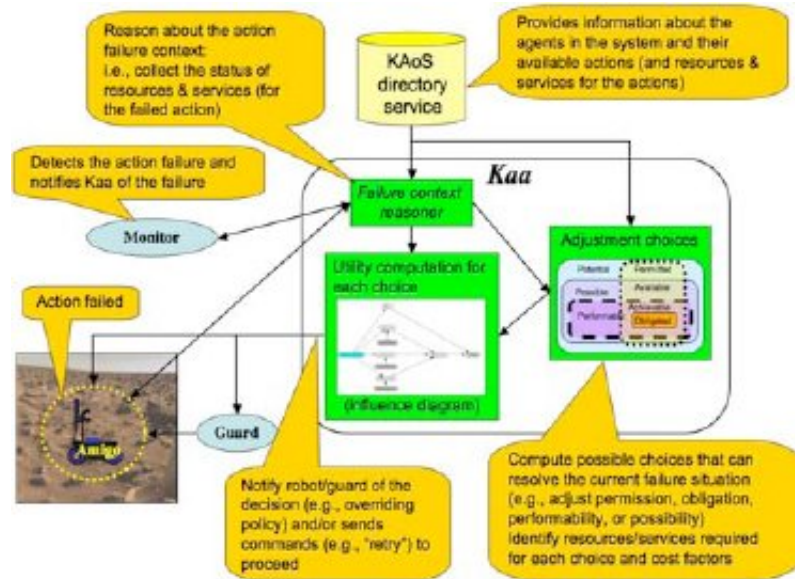


Figura 2.7: Architettura funzionale-nozionale per Kaa

In figura 2.7 è mostrata una architettura funzionale-nozionale di Kaa per la gestione dei fallimenti in un ambiente dinamico e incerto. Come si può notare, essendo notificato un fallimento, Kaa ragiona relativamente al contesto ed esamina le possibili alternative volte a gestire e far fronte a tale situazione. Informazioni contestuali arrivano dal fallimento del robot e dal servizio directory di KAoS (che rappresenta un repository globale di dati). Un ragionamento teorico-decisionale basato sul diagramma di influenza individua la scelta ottimale.

3 Secondo approccio: consapevolezza di contesto

Per consentire di governare l'alta imprevedibilità, l'eterogeneità e la dinamicità degli ambienti pervasivi, di far fronte alla necessità di adattarsi ai cambiamenti che possono presentarsi a run-time, in maniera sicura e appropriata, si può introdurre il concetto di *contesto*. Per contesto si intende qualunque informazione utile a caratterizzare lo stato o l'attività delle entità (ad esempio gli agenti) o il mondo in cui queste entità operano.

Quindi il contesto diventa un'entità di prima-classe per la specifica e la messa

in atto delle politiche, a differenza dei sistemi tradizionali in cui il contesto è un elemento opzionale per la definizione delle politiche, il cui unico scopo è quello di restringere lo scope di applicabilità delle politiche di sicurezza. Quindi si può dire che il concetto di contesto può fornire un meccanismo per raggruppare le politiche e per valutare quelle applicabili, consentendo così di:

- aumentare il riuso delle politiche specificate
- rendere più semplice l'aggiornamento e la revoca delle politiche.

Negli ambienti pervasivi, quindi, invece di associare direttamente le politiche ai soggetti e definire i contesti in cui tali politiche dovrebbero essere considerate valide e applicabili, l'amministratore di sistema definisce le condizioni contestuali che governano sulle operazioni delle entità. Questo vuol dire che quando un'entità opera in uno specifico contesto, *acquisisce automaticamente* l'abilità di eseguire la serie di azioni permesse/obbligate nel contesto attuale. Questo consente di realizzare un adattamento delle politiche in maniera appropriata, visto che le condizioni che caratterizzano le interazioni utenti-risorse sono in gran parte imprevedibili.

Le politiche, infatti, non possono essere specificate a priori per affrontare qualunque situazione che si può verificare a run-time, ma bensì possono richiedere adattamenti dinamici al fine di disciplinare le operazioni sulle risorse anche in presenza di cambiamenti inaspettati.

In questo approccio, l'adattamento descrive l'abilità del sistema di gestione basato sulle politiche di adattare il contesto e le specifiche relative alle politiche stesse al fine di consentire l'applicazione della politica in differenti e probabilmente impreviste situazioni. L'adattamento delle politiche richiede un appropriato modello delle informazioni di contesto e delle politiche, oltre ad un espressivo ragionamento sulle relazioni tra gli elementi di un sistema pervasivo (come ad esempio il contesto e la gestione delle politiche).

3.1 Proteus Framework

Proteus è un framework il cui modello per le politiche integra la realizzazione del principio di *consapevolezza di contesto* e le tecnologie ontologiche per supportare la modellazione e il ragionamento relativo alle politiche e ai contesti, fornendo un mezzo per adattare dinamicamente le politiche nei diversi

contesti.

Quindi il modello è incentrato sul concetto di contesto, che agisce da intermediario tra le entità e la gamma delle operazioni che devono e/o possono eseguire sulle risorse.

In ogni contesto, le politiche definiscono le operazioni sulle risorse. In particolare, le politiche possono essere viste come associazioni uno-a-uno tra i contesti e le azioni permesse/obbligate.

Le entità dovrebbero e/o possono eseguire solo quelle azioni che sono associate con il contesto attualmente in vigore. In questo caso si parla di *contesto attivo* (active context), ovvero il contesto che vede le condizioni per la sua definizione combaciare con le condizioni operative dell'entità richiedente e dell'ambiente circostante. Con *contesti di attivazione della politica* (policy activating contexts) si intendono quei contesti rilevanti per una specifica politica. L'attivazione di un contesto causa o l'attivazione di permessi o determina le azioni che dovrebbero essere eseguite.

I contesti di attivazione sono determinati attraverso la definizione di politiche; per esempio *l'attivazione di contesti di autorizzazione* è determinata mediante le politiche di autorizzazione, mentre *l'attivazione di contesti di obbligo* è determinata attraverso le politiche di obbligo.

Più in dettaglio, in Proteus un contesto di attivazione consiste di tutte le informazioni considerate rilevanti per le politiche, logicamente organizzate in diverse parti ovvero:

- una parte che descrive lo stato delle risorse controllate, come per esempio la disponibilità e il carico
- una parte che descrive gli attori operanti sulle risorse, come ad esempio il ruolo, la loro identità o le credenziali per motivi di sicurezza
- una parte che definisce le condizioni dell'ambiente circostante, come ad esempio il tempo o la disponibilità di risorse alternative.

Tutto questo viene modellato come un insieme di attributi e predeterminati valori, etichettati in modo significativo e associando ad essi la semantica considerata.

Proteus sfrutta quindi la consapevolezza di contesto e le tecnologie semantiche per definire 3 tipi di adattamenti:

- adattamento delle politiche
- adattamento delle azioni
- adattamento dei contesti.

3.1.1 Adattamento delle politiche

Questo tipo di adattamento consiste nell'istruire il sistema in maniera tale che anche se un contesto di attivazione risulta cambiato, possa essere ancora considerato attivo se certe condizioni di contesto sono mantenute.

In pratica questo adattamento dovrebbe prolungare automaticamente la validità delle politiche attive anche in presenza di cambiamenti relativi al corrispondente contesto di attivazione.

3.1.2 Adattamento delle azioni

Questo tipo di adattamento rappresenta l'abilità di trovare azioni alternative permesse/obbligate nel caso in cui le azioni permesse/obbligate determinate dall'attuale stato del mondo non possano essere eseguite.

Trovare l'insieme delle azioni alternative fornisce un mezzo potente per consentire a un'entità di continuare ad operare.

L'adattamento delle azioni richiede, per la sua realizzazione, la definizione di azioni semanticamente equivalenti.

3.1.3 Adattamento del contesto

Questo tipo di adattamento consiste nell'identificare un contesto alternativo dove le azioni permesse/obbligate possono essere eseguite.

L'adattamento di contesto può essere utile nel caso di conflitti dinamici tra politiche, come quando un'entità deve compiere un'azione che non ha il permesso di eseguire. Invece di cambiare la serie delle azioni permesse/obbligate Proteus prova ad identificare un differente contesto di attivazione dove le azioni possono essere compiute.

Per fare questo Proteus prima cerca tutte le attivazioni di contesto di autorizzazione associati ad un'azione, per esempio, obbligata e successivamente analizza la loro relazione semantica con i contesti di attivazione attualmente in vigore.

Sulla base di queste relazioni Proteus può determinare se i contesti individuati possano essere attivati dato il corrente stato del mondo.

Quindi per ogni contesto di attivazione individuato, indicato con la lettera F, e per ogni contesto di attivazione in vigore, chiamato con la lettera E, bisogna eseguire alcuni confronti.

Prima di tutto è necessario verificare se ci sono degli attributi-valore nell'attuale stato che non possano essere modificati per incontrare i vincoli definiti in F, ovvero il fatto che non possano essere modificati potrebbe rendere impossibile l'attivazione di F (condizione Q0). Se tale condizione risulta vera, F non può essere attivato.

Se invece la condizione risulta essere falsa, bisogna verificare se F ed E sono sovrapposti (condizione Q1). Se quest'ultima condizione risulta essere verificata, è necessario controllare se gli attributi-valore comuni sono compatibili. Se sì, F può essere attivato, altrimenti bisogna individuare una possibile trasformazione da F a E. Se tale trasformazione viene individuata F può essere attivato con successo, altrimenti no. Se la condizione Q1 è falsa vuol dire che F ed E sono disgiunti e che quindi non condividono alcun attributo di contesto, bisogna controllare se sono incompatibili per motivi specifici di applicazione. Se risultano essere incompatibili è chiaro che F non può essere attivato, altrimenti può essere attivato con successo. In figura 2.8 è mostrato sinteticamente l'algoritmo appena spiegato, che realizza l'adattamento di contesto.

E' importante sottolineare che Proteus si concentra sul determinare se un contesto può essere attivato e non su come questo può essere attivato. Tale modello non mira a fornire un supporto per derivare strategie che consentano di raggiungere l'attivazione di alcuni contesti. Perciò, al fine di scoprire ed eseguire un'appropriata trasformazione da un contesto ad un altro, è necessario un supporto aggiuntivo per il ragionamento goal-based, come il ragionamento abduitivo. Attualmente Proteus fornisce un supporto per la specifica di regole LP per esprimere la trasformazione, ma non è capace di gestire un ragionamento goal-based su di esso.

Da questo l'idea di utilizzare delle tecniche di planning che possano essere integrate con Proteus per elaborare strategie per l'attivazione di un particolare contesto.

```

Find all authorization activating contexts associated to the obliged action and
all the activating contexts currently in effect.

Let F be each found activating context and E be each activating context in effect.

Q0 = Are there any attribute values in the current state that cannot be modified
and make the activation of F impossible?
  If Q0 = true
    F cannot be activated
  Else
    {
      Q1 = Are F and E overlapping?
      If Q1 = true
        Q2 = Are their common attribute values compatible?
        If Q2 = true
          F can be activated - success
        If Q2 = false
          Q3 = Is there a transformation path P from F to E?
          If Q3 = true
            F can be activated (using P) - success
          If Q3 = false
            F cannot be activated - failure
        If Q1 = false (F and E are disjoint)
          Q4 = are F and E incompatible for application-specific reasons?
          If Q4 = true
            F cannot be activated - failure
          If Q4 = false
            F can be activated - find a way
    }

```

Figura 2.8: Algoritmo Proteus per l'adattamento di contesto

4 Terzo approccio: delegazione ed autonomia

E' possibile modificare l'autonomia anche mediante un adattamento della delegazione/adozione intrapresa. La regolazione dell'autonomia, e quindi la conseguente revisione della delegazione, può essere attuata in tre differenti momenti ovvero:

- *dopo l'evento di delegazione, ma prima dell'esecuzione del task* oggetto della delegazione stessa
- *a run-time*
- *alla fine dell'esecuzione e della realizzazione del task*. In questo caso l'adeguamento dell'autonomia avrà effetto solo sulle future delegazioni (learning).

Nel seguito si focalizzerà l'attenzione sull'adattamento a run-time, che è ciò che davvero conta nell'interazione uomo-macchina e nella cooperazione dei MAS. Considerando la tassonomia dei possibili adattamenti, della loro natura e importanza verranno analizzati gli *adeguamenti di delegazione relativi alla dimensione di interazione, specifica e controllo*. E' chiaro che ogni possibile regolazione è bilaterale, ovvero sia il delegante che il delegato possono provare a modificare la delega precedentemente definita.

4.1 Adeguamento delega rispetto alla dimensione di interazione

La dimensione di interazione riguarda i differenti gradi di intensità con cui può essere stabilita la delega che può quindi essere:

- debole
- media
- forte

Per maggiori dettagli si rimanda al capitolo 1 sezione 5.1. Secondo tale dimensione si possono realizzare diversi adeguamenti che sono caratterizzati da:

- l'*agente* che ha l'iniziativa di attuare l'adeguamento
- lo *stato iniziale*, ovvero il tipo di delegazione o adozione in atto in un certo istante e che l'agente intende modificare
- lo *stato finale*, ovvero il tipo di delegazione o adozione a cui l'agente intende arrivare.

In tabella 2.1 è mostrato l'elenco dei possibili adeguamenti di delega relativi alla dimensione di interazione. Si vedano nel dettaglio i seguenti casi:

- linea 1, ovvero *il delegante passa dalla delegazione debole alla delegazione media*. E' il caso in cui il delegante non crede che il delegato possa raggiungere l'oggetto della delega senza una sua influenza e così il delegante decide di realizzare un'azione che produca tale influenza
- linea 2, ovvero *il delegante passa dalla delegazione debole alla delegazione forte*. In questo caso il delegante prova a raggiungere il task oggetto della delega mediante un contratto (social commitment)

Numero linea	Agente che ha l'iniziativa	Stato iniziale	Stato finale
1	Delegante	Delegazione debole	Delegazione media
2	Delegante	Delegazione debole	Delegazione forte
3	Delegante	Delegazione media	Delegazione forte
4	Delegante	Delegazione media	Delegazione debole
5	Delegante	Delegazione forte	Delegazione debole
6	Delegante	Delegazione forte	Delegazione media
7	Delegato	Delegazione debole	Delegazione media
8	Delegato	Delegazione debole	Delegazione forte
9	Delegato	Delegazione media	Delegazione forte
10	Delegato	Delegazione forte	Delegazione media
11	Delegato	Delegazione forte	Delegazione debole
12	Delegato	Delegazione media	Delegazione debole
13	Delegante	Adozione debole	Adozione forte
14	Delegante	Adozione forte	Adozione debole
15	Delegato	Adozione debole	Adozione forte
16	Delegato	Adozione forte	Adozione debole

Tabella 2.1: Adattamenti della delega rispetto alla dimensione di interazione

- linea 8 - 9, ovvero *il delegato passa dalla delegazione debole (linea 8) o dalla delegazione media (linea 9) alla delegazione forte*. Questo potrebbe rappresentare la volontà del delegato di convertire lo sfruttamento del delegante in un contratto o accordo fra le parti.

4.2 Adeguamento delega rispetto alla dimensione di specifica

La dimensione della specifica relativa alla delegazione riguarda il modo in cui il task viene specificato nell'azione di delega. Per maggiori dettagli si rimanda al capitolo 1 sezione 5.2. Anche per questa dimensione è possibile considerare l'intervento bilaterale delle due entità in gioco, ovvero delegante e delegato, nell'atto di adeguare la delegazione/adozione, che verranno analizzati separatamente nel seguito.

4.2.1 Adeguamenti specifiche: visione del delegato

Vediamo quali tipi di adeguamenti relativamente alle specifiche possono essere messi in atto dal delegato. Questi sono principalmente tre ovvero:

- la *riduzione di aiuto*. In questo caso il delegato prevede un minor aiuto rispetto alla delega originaria, in pratica il delegato riduce l'oggetto della delega originaria a una sottoparte di quello richiesto
- l'*estensione di aiuto*. In questo caso il delegato fornisce un maggiore aiuto rispetto alla delega originaria, in pratica il delegato va oltre a quello che era stato delegato a fare senza cambiare il piano del delegante come mostrato in figura 2.9(a)
- l'*aiuto critico*. In questo caso il delegato fornisce un'azione/aiuto qualitativamente differente rispetto a quanto delegato. E' possibile individuare alcuni sottocasi:
 - l'*aiuto critico semplice* (*simple critical help*). In questo caso il delegato raggiunge l'obiettivo dell'azione/piano delegato, modificando il piano o l'azione come mostrato in figura 2.9(b)
 - il *sovra-aiuto critico* (*critical overhelp*). In questo caso il delegato implementa sia un aiuto critico semplice che un'estensione di aiuto, ovvero sceglie un task che soddisfi un task di più alto livello rispetto a quello delegato, raggiunge il goal di questo nuovo task, cambiando il piano atteso come mostrato in figura 2.9(c)
 - l'*aiuto iper-critico* (*hyper-critical help*). In questo caso il delegato adotta gli obiettivi o gli interessi del delegante di cui il delegante stesso non ha tenuto conto. Così facendo il delegato non esegue né l'azione/piano oggetto della delega né raggiunge i risultati che erano stati delegati come mostrato in figura 2.9(d).

4.2.2 Adeguamenti specifiche: visione del delegante

Gli adattamenti che possono essere messi in atto dal delegante allo scopo di cambiare la delegazione possono essere ricondotti a cinque casi principali:

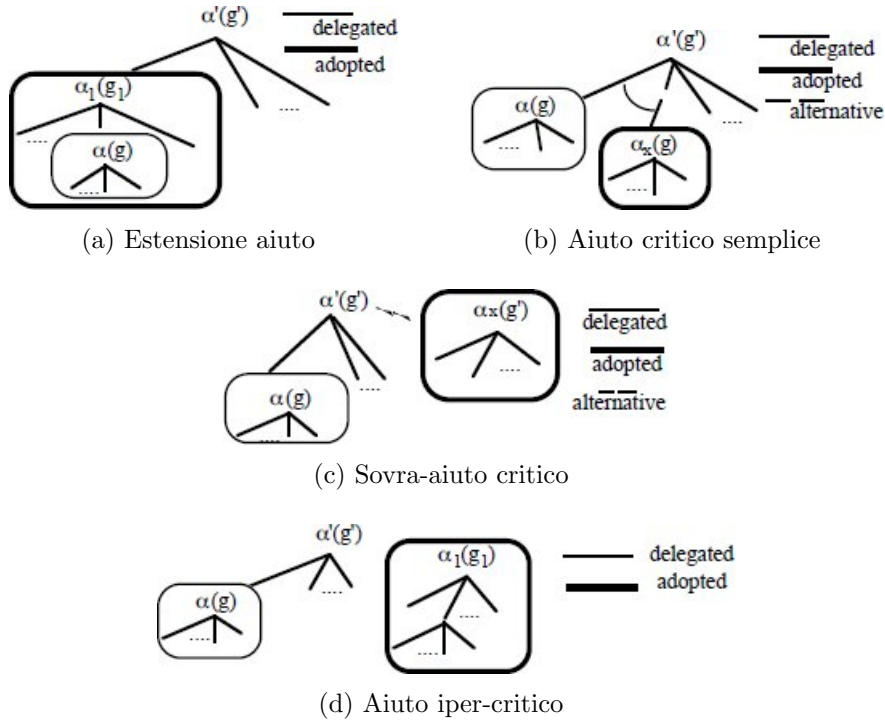


Figura 2.9: Adattamenti delega relativi alle specifiche

- la *riduzione di delega*. In questo caso il delegante adatta la delega originale, mediante la riduzione del task che il delegato doveva realizzare, ovvero il delegante riduce il task a una sottoparte del task precedentemente richiesto
- l'*estensione di delega*. In questo caso il delegante adatta la propria delegazione in maniera tale che la nuova richiesta vada oltre quello che è stato originariamente delegato senza modificare il precedente piano
- la *modifica di delega*. Come nel caso degli adeguamenti visti dal punto di vista del delegato anche da parte del delegante la modifica del precedente task delegato può portare a una delle seguenti possibilità ovvero:
 - alla sola modifica del precedente obiettivo
 - all'introduzione di un over-goal con il cambiamento del piano per ottenere il raggiungimento dell'over-goal stesso

- all'introduzione di un sotto-goal con il cambiamento del piano per ottenere il raggiungimento del sotto-goal stesso
 - alla modifica sia del goal che del piano
- l'*apertura di delega*. In questo caso il delegante adatta la delega in maniera tale che il nuovo piano delegato sia più astratto
 - la *chiusura di delega*. In questo caso il delegante adatta la delega in maniera tale che il nuovo piano delegato sia più specificato.

4.3 Dall'adattamento di delega all'adattamento di autonomia

Finora si è considerato, in maniera molto generale, che una variazione di delega produca sempre una variazione in termini di autonomia. Questo non sempre è vero. Le principali forme di adeguamenti relativi all'autonomia sono:

- l'*adeguamento di meta-autonomia*. Questo è il caso in cui cambiano i diritti di meta-livello del delegato, ovvero il delegato può decidere di rifiutare, negoziare e cambiare la delega. In questo adeguamento ricade anche il caso in cui il delegato non possieda tali diritti, ma di fatto prende tali iniziative
- l'*adeguamento dell'autonomia di realizzazione*. In questo caso il nuovo task è più o meno aperto rispetto all'ultimo assegnato
- l'*adeguamento dell'autonomia dalla dipendenza di controllo*. In questo caso c'è un minore o maggiore controllo sul delegato
- l'*adeguamento dell'autonomia dalla dipendenza di interazione*. In questo caso cambia la forza della delega.

Ognuno di questi adeguamenti può essere:

- *bilaterale*, ovvero realizzato o attraverso il delegante o mediante il delegato
- *bidirezionale*, ovvero aumenta o riduce la propria autonomia.

4.3.1 Adeguamento di meta-autonomia vs autonomia di realizzazione

E' possibile mettere a confronto gli adeguamenti di:

- meta-autonomia
- autonomia di realizzazione

con gli adeguamenti di delega ed individuare delle informazioni importanti, a seconda che la modifica di delega sia stata apportata dal delegato o dal delegante come mostrato in tabella 2.2.

Tipo di adeguamento	Meta-autonomia delegato	Automia di realizzazione delegato
Riduzione di aiuto	aumenta	uguale
Estensione di aiuto	aumenta	aumenta o uguale
Aiuto critico	aumenta	aumenta
Riduzione di delega	uguale	uguale o diminuisce
Estensione di delega	uguale	aumenta o uguale
Apertura di delega	uguale	aumenta
Chiusura di delega	uguale	diminuisce

Tabella 2.2: Relazione fra adattamenti delega vs adattamenti autonomia

Si può notare come le righe 1-3 mostrino gli adeguamenti di delega apportati dal delegato, mentre le righe 4-7 evidenzino gli adeguamenti di delega effettuati dal delegante. Osservando la tabella ci si può accorgere che quando ad eseguire un adeguamento di delega è:

1. il *delegato*, c'è sempre una modifica della sua meta-autonomia, mentre non sempre c'è un cambio per quanto riguarda l'autonomia di realizzazione
2. il *delegante*, la meta-autonomia del delegato non cambia mai.

Nel primo caso, è chiaro che la meta-autonomia aumenti, perchè è il delegato a decidere di cambiare la delega. Per quanto riguarda l'autonomia di realizzazione bisogna considerare i diversi casi, ovvero:

- nella *riduzione di aiuto*, l'autonomia di realizzazione rimane la stessa perché il delegato realizza solo una parte del task delegato, ma questa parte era già inclusa nel task precedentemente delegato. In altre parole non ha più autonomia sulla modalità con cui realizzare il task stesso

- nell'*estensione di aiuto*, ci sono due possibilità:
 - il delegato ha una maggiore autonomia di realizzazione se il piano adottato include alcune parti (non delegate) che non sono completamente specificate. Questo significa che il delegato ha maggiore discrezionalità sulla realizzazione
 - il delegato ha la stessa autonomia di realizzazione se il piano adottato non necessita di maggiore discrezionalità rispetto a quello delegato
- nell'*aiuto critico*, data la possibilità di scegliere nuove azioni, ci sarà sempre una maggiore autonomia di realizzazione.

Nel secondo caso, ovvero quando è il delegante ad eseguire gli adeguamenti di delega, la meta-autonomia del delegato non cambia mai, questo proprio perché l'iniziativa della regolazione della delega parte dal delegante stesso. Per quanto riguarda, invece, l'autonomia di realizzazione si può dire che:

- nella *riduzione di delega* può:
 - diminuire se il potere discrezionale del delegato si riduce con la nuova delega
 - rimanere uguale se il vecchio task era completamente specificato in tutti i suoi dettagli
- nell'*estensione di delega* può:
 - aumentare se il nuovo task presuppone alcune azioni non incluse nel vecchio task e che contempla un certo grado di apertura
 - rimanere uguale se il nuovo task è completamente specificato in tutti i suoi dettagli
- nell'*apertura di delega* aumenta sempre, perché l'apertura è un fattore che incrementa il potere discrezionale del delegato
- nella *chiusura di delega* diminuisce sempre, perché la chiusura è un fattore che riduce il potere discrezionale del delegato.

4.4 Canali per l'adattamento bilaterale

Per adeguare la delegazione e gli aiuti è necessario l'uso di opportuni canali e protocolli. Dal punto di vista del delegante sono utili per il monitoraggio

(reporting, osservazione, ispezione) e l'intervento (istruzioni, orientamento, aiuti, riparazioni, freni). Dal punto di vista del delegato, invece, è utile avere un certo margine di discrezionalità e di innovazione pratica. Quindi entrambe le entità in gioco possono beneficiare dei canali e protocolli per la comunicazione e la rinegoziazione durante il gioco dei ruoli e dell'esecuzione del task. Nel seguito verrà analizzata separatamente la visione del delegante e del delegato.

4.4.1 Adattamento run-time: visione del delegante

Il delegante può adattare a run-time la delega per il delegato se si trova nella condizione di:

- *ricevere in tempo* le necessarie *informazioni* relativamente alle *performance del delegato (feedback)*
- *poter intervenire sulle performance del delegato* per modificarle prima del loro completamento (*intervention*).

Questo può portare ad una possibile modifica del livello di autonomia del delegato. In altre parole, il delegante dovrebbe avere una qualche forma di controllo sulla realizzazione del task affidato al delegato e durante la sua esecuzione. Il controllo richiede feedback più intervento. E' chiaro che il feedback per essere utile in un adattamento a run-time dovrebbe essere tempestivo per poter di conseguenza intervenire. Tuttavia è anche possibile che sia mantenuta solo la fase di feedback o solo la fase di intervento. In sintesi, allo scopo di garantire agli agenti un'adeguamento dinamico della delegazione e un'iniziativa combinata nei MAS è necessario fornire questo tipo di architettura e gli opportuni canali di comunicazione. Nel caso in cui sia il delegato ad avere l'iniziativa, ovvero comincia con un'azione di adozione, se il delegante vuole cambiare l'adozione necessiterà di un canale di comunicazione con il delegato.

4.4.2 Adattamento run-time: visione del delegato

Il delegato può adattare a run-time la delega del delegante se si trova nella condizione di o:

- avere un *canale di comunicazione per (ri-)iniziare la negoziazione* attraverso l'offerta o proposta di un differente livello di aiuto al delegante
- avere abbastanza libertà pratica per *cambiare direttamente l'azione*. Questa dovrebbe essere una caratteristica propria dell'agente autonomo, infatti, in caso contrario vorrebbe dire che non si sta considerando un agente, ma semplicemente un tool.

Questo può portare ad una possibile modifica del proprio livello di autonomia, ovvero dell'autonomia del delegato stesso. Il delegato non deve necessariamente negoziare o consigliare al fine di modificare i task delegati, ma potrebbe invece avere piena iniziativa. Ciò chiaramente richiede un'*autonomia di meta-livello*. Anche il delegato, naturalmente, dovrebbe avere un feedback sulla propria esecuzione, ma questo in generale è vero per azioni guidate dal goal e per il 'vicinato' di agenti. In sintesi, se un agente ha l'iniziativa della delegazione/adozione, al fine di adattare tale iniziativa, non è obbligato a comunicare con altri agenti. Per quanto riguarda il feedback necessario per l'adeguamento si può distinguere fra:

- ispezione, sorveglianza. E' un feedback che parte dal delegante verso il delegante stesso
- reporting. E' un feedback che parte dal delegato verso il delegante
- guida, orientamento. E' un feedback che parte dal delegante verso il delegato
- auto-monitoraggio. E' un feedback che parte dal delegato verso il delegato stesso

come mostrato in tabella 2.3.

		Feedback dal:	
		delegante	delegato
Feedback verso:	delegante	ispezione, sorveglianza	reporting
	delegato	guida, orientamento	auto-monitoraggio

Tabella 2.3: Tipi di controllo

Se si considera la fase di intervento, le azioni che possono essere attuate sono:

- il *blocco del task*. Il processo di delegazione/adozione viene improvvisamente interrotto
- la *sostituzione*. In questo caso si alloca il task o una parte di esso all'agente che interviene
- la *correzione di delega*. Dopo tale intervento, il task è parzialmente o totalmente cambiato
- la *specifica di delega*. Dopo tale intervento, il task risulta più vincolato
- la *riparazione di delega*. L'azione di intervento lascia inalterata l'attività del task, ma introduce nuove azioni per il raggiungimento dell'obiettivo del task stesso.

Ognuno di questi interventi può essere realizzato o attraverso un *atto comunicativo* o mediante un'*azione diretta* sul task effettuata dall'agente che interviene.

4.5 Adeguamento autonomia mediante modifica del controllo

Come si è potuto osservare una dimensione dell'autonomia davvero importante è l'attività di controllo del task delegato/adottato. Dato che il controllo è composto da feedback e intervento, è chiaro che modificare il controllo vuol dire adeguare entrambi o almeno uno dei suoi componenti.

4.5.1 Adeguamento della frequenza di feedback

La frequenza dei feedback sul task può essere:

- *puramente temporale* quando il monitoraggio o il reporting è indipendente dalla struttura delle attività del task, quindi dipende solo da una scelta temporale
- *associata con le fasi del task* quando le attività del task sono divise in fasi e il monitoraggio o il reporting è collegato a tali fasi.

Il delegato e il delegante possono adeguare la frequenza della loro attività di feedback principalmente in tre modi:

- cambiando l'intervallo temporale fissato all'inizio della delega/adozione di task, se il monitoraggio/reporting è puramente temporale

- cambiando le fasi del task su cui agisce il monitoraggio/reporting rispetto a quelle fissate all'inizio della delega del task
- passando dal monitoraggio/reporting puramente temporale a quello legato alle fasi del task e viceversa.

4.5.2 Adeguamento del tipo di intervento

L'intervento, come detto in precedenza, è strettamente collegato alla presenza del monitoraggio/reporting sul task, anche se, in linea di principio, sia l'intervento che il monitoraggio/reporting potrebbe essere realizzato autonomamente. Più precisamente l'intervento può verificarsi:

- mai
- solo a volte, ovvero nel corso di alcune fasi del task, in momenti specifici come, per esempio, alla fine del task
- in qualsiasi fase o in qualsiasi momento a seconda delle necessità.

L'adeguamento della frequenza di intervento da parte del delegante è un importante caso di regolazione dell'autonomia del delegato. Per capire meglio, basti pensare al caso in cui all'inizio ci sia un accordo sul fatto che il delegante non possa mai intervenire, ma che il delegante, in realtà, intervenga una o più volte durante la realizzazione del task da parte del delegato. Questo chiaramente porterebbe ad una riduzione dell'autonomia del delegato. In generale, un delegato è maggiormente autonomo se la frequenza di intervento da parte del delegante è bassa. Quindi questo vuol dire che se il delegante modifica il tipo di intervento fissato all'inizio della delega può produrre un incremento o un decremento dell'autonomia del delegato a seconda del tipo di adeguamento attuato.

Bibliografia

- [1] Jeffrey M. Bradshaw, Maarten Sierhuis, Alessandro Acquisti, Paul J. Feltovich, Robert Hoffman, Renia Jeffers, Debbie Prescott, Niranjana Suri, Andrzej Uszok, Ron Van Hoof (2004), *Adjustable Autonomy and Human-Agent Teamwork in Practice: An Interim Report on Space Applications* AAAI 2004 Spring Symposium. Stanford University, CA, AAAI Press
<http://www.fipa.org/docs/input/f-in-00081/f-in-00081.pdf>
- [2] Cristiano Castelfranchi, Rino Falcone (2003), *From Automaticity to Autonomy: The Frontier of Artificial Agents*
<http://www.istc.cnr.it/T3/download/Automaticity-to-autonomy.pdf>
- [3] Jeffrey M. Bradshaw, Paul J. Feltovich, Hyuckchul Jung, Shriniwas Kulkarni, William Taysom, Andrzej Uszok (2004), *Dimension of Adjustable Autonomy and Mixed-Initiative Interaction* In M. Klusch, G. Weiss, & M. Rovatsos (Ed.), Computational Autonomy, Springer-Verlag, Berlin, Germany, 2004
<http://www.springerlink.com/content/wpc6t4ya08l1rc0y/fulltext.pdf>
- [4] Rino Falcone, Cristiano Castelfranchi (2001), *Tuning the Collaboration Level with Autonomous Agents: A Principled Theory*
<http://springerlink.com/content/1pw6t0xy7b791kvj/fulltext.pdf>
- [5] Rino Falcone, Cristiano Castelfranchi (2000), *Levels of Delegation and Levels of Adoption as the basis for Adjustable Autonomy*
<http://www.springerlink.com/content/qwav001d6qh2cvkh/fulltext.pdf>
- [6] Jeffrey M. Bradshaw, Hyuckchul Jung, Shri Kulkarni, Matthew Johnson, Paul Feltovich, James Allen, Larry Bunch, Nathanael Chambers, Lucian Galescu, Renia Jeffers, Niranjana Suri, William Taysom, Andrzej Uszok

- (2005), *Kaa: Policy-based Explorations of a Richer Model for Adjustable Autonomy*
http://www.cs.huji.ac.il/course/2005/aisemin/articles2006/docs/pa2b2_-214.pdf
- [7] Alessandra Toninelli, Rebecca Montanari, Lalana Kagal, Ora Lassila (2007), *Proteus: A Semantic Context-Aware Adaptive Policy Model*
<http://www.lia.deis.unibo.it/Staff/AlessandraToninelli/Publications/Policy07.pdf>
- [8] Alessandra Toninelli, Jeffrey M. Bradshaw, Lalana Kagal, Rebecca Montanari (2005), *Rule-based and Ontology-based Policies: Toward a Hybrid Approach to Control Agents in Pervasive Environments*
<http://www.cs.umbc.edu/swpw/papers/toninelli.pdf>
- [9] Gianluca Tonti, Jeffrey M. Bradshaw, Renia Jeffers, Rebecca Montanari, Niranjan Suri, Andrzej Uszok (2003), *Semantic Web Languages for Policy Representation and Reasoning: A Comparison of KAoS, Rei, and Ponder* Proc. of the Second International Semantic Web Conference (ISWC2003), LNCS, Vol. 2870. Springer-Verlag, Berlin, pp. 419-437, Sanibel Island, Florida, USA, October 2003
http://ontology.ihmc.us:16080/Papers/Semantic_Langagues_for_Policy_Representation.pdf
- [10] D. A. Norman (1988), *The Psychology of Everyday Things*
New York: Basic Book
- [11] Joanna McGrenere, Wayne Ho(2000), *Affordances: Clarifying and Evolving a Concept* Proceedings of Graphics Interface 2000, Montreal, May 2000
http://www.dgp.utoronto.ca/~joanna/papers/gi_2000_affordances.pdf