

Applicazione del dialogo uomo-macchina in piattaforme di e-learning

Marco Calabrese¹, Vincenzo Di Lecce¹, Domenico Soldo²

¹Politecnico di Bari – DIASS

Via Alcide De Gasperi s.n. – 74123 Taranto, Italia

{m.calabrese, v.dilecce}@aeftab.net

²myHermes S.r.l.

Corso Italia, 63 – 74121 Taranto, Italia

domenico.soldo@myhermessrl.com

In questo articolo si discutono alcuni aspetti tecnologici, architettonici ed applicativi, del dialogo uomo-macchina in ambito e-learning. In particolare, si sottolinea come l'evoluzione nelle moderne tecnologie informatiche di disambiguazione del linguaggio naturale permetta oggi, su domini ristretti, di sostenere una conversazione utente-sistema finalizzata all'ottenimento di un determinato servizio informativo. Nel contesto dell'e-learning, ciò si traduce nella possibilità da parte dello studente di accedere ai contenuti di piattaforma attraverso l'instaurazione di un dialogo con un assistente virtuale. A tal riguardo sono forniti alcuni esempi di moduli di FAQ "intelligenti" realizzabili attraverso motori di disambiguazione semantica basati su tecniche di Intelligenza Artificiale.

1. Introduzione

Nell'era del Web 2.0. in cui l'utente diventa parte attiva nella creazione della conoscenza condivisa e nella sua evoluzione, è sempre più evidente e pressante il fenomeno del divario tecnologico ("digital divide"). Per ridurre la distanza tra la popolazione che utilizza le tecnologie senza averne sviluppato un'adeguata conoscenza critica ed il livello di sofisticazione degli strumenti per il Web, è conveniente focalizzare l'attenzione sui mezzi e sui linguaggi adoperati nella comunicazione tra gli utenti e le macchine.

Il dialogo uomo-macchina rappresenta una delle frontiere più interessanti nelle applicazioni di Web Semantico [Berners-Lee et al., 2001] ed in generale dell'Intelligenza Artificiale, con ripercussioni su una molteplicità di aspetti tra i quali, ad esempio:

- La maggiore accessibilità del contenuto informatico e
- Le tipologie di interfacce evolute impiegate.

L'accessibilità, finalizzata alla non esclusione, viene definita come "la capacità dei sistemi informatici, nelle forme e nei limiti consentiti dalle conoscenze tecnologiche, di erogare servizi e fornire informazioni fruibili, senza discriminazioni, anche da parte di coloro che a causa di disabilità necessitano di

tecnologie assistive o configurazioni particolari” [Governo Italiano 2004]. Il criterio di non esclusione, in senso lato, apre la strada a tutte quelle forme di comunicazione che emancipino la fruizione di un servizio dalla natura delle tecnologie abilitanti l'accesso e l'erogazione dello stesso. Le ricerche nell'ambito dell'Intelligenza Artificiale, nel perseguire la strada dell'evoluzione semantica nell'elaborazione automatica o semi-automatica dell'informazione, si innestano prepotentemente in questo processo di sviluppo.

L'altro aspetto da tenere in considerazione è quello dell'interfaccia uomo-macchina ovvero, nel caso specifico del presente articolo, dell'ambiente virtuale attraverso cui lo studente di una piattaforma di e-learning accede ai servizi remoti. Un'interfaccia, per dirsi evoluta, deve spostare la complessità nell'elaborazione dell'Informazione ad un livello quanto più possibile vicino a quello umano. Le interfacce evolute consentono di modellare realtà altrimenti molto complesse e fortemente vincolate dal livello di competenza tecnologico-informatica dell'utente che è chiamato a farne uso.

1.1 Il paradigma conversazionale in ambito e-learning

Nell'ottica di spostare l'interazione uomo-macchina ad un livello più vicino all'essere umano, le interfacce utente dovrebbero adottare il paradigma conversazionale (conversational paradigm) [Quek, 2001], ovvero dovrebbero instaurare un dialogo con gli utenti usando espressioni in linguaggio naturale strutturate a frasi. Tuttavia, il linguaggio naturale risulta essere spesso ambiguo a causa di diversi fattori (polisemie, sinonimie, anafore, deittici, metonimie, etc.), ed è ben noto che nessun modello computazionale formale ad oggi conosciuto possa generare (e conseguentemente interpretare) tutta la fenomenologia degli atti linguistici [Chiari, 2007]. Ciononostante, su domini ristretti (dove cioè il contesto e conseguentemente le possibilità linguistiche siano predefiniti) l'ambiguità intrinseca del linguaggio naturale può essere gestita attraverso procedure adeguate. Il dialogo uomo-macchina, quando sia rivolto all'ottenimento di un servizio da parte della componente client (umana), si presta a configurarsi come un atto di intermediazione in cui la componente server (macchina) è impegnata nel compito di disambiguare progressivamente la richiesta dell'utente ed a tradurla in comandi validi ed eseguibili. Questa tipologia di applicazioni è studiata nell'ambito del task-oriented dialogue dove diverse soluzioni sono state già proposte in letteratura [Dohsaka & Shimazu, 1996], [O'Neill & McTear, 1999], [Rieser & Moore, 2005], [DeVault & Stone, 2009].

A valle di queste osservazioni, risulta chiaro che l'aspetto innovativo di un'interfaccia evoluta non è tanto nel rendering grafico che essa implementa quanto nel processo di elaborazione dell'informazione che passa attraverso di essa. Come riportato in un recente lavoro [Soldo et al., 2009], anche strumenti semplici come le e-mail possono prestarsi a supportare modelli di comunicazione uomo-macchina complessi. Gli autori mostrano come l'utilizzo di servizi remoti (di registrazione, richiesta informazioni, post di news ed eventi) oggi vincolato, per la maggior parte dall'accesso diretto ai form HTML, possa essere sostituito da un dialogo uomo-macchina basato su scambio di e-mail.

Un interessante dominio applicativo del dialogo uomo-macchina è quello della sperimentazione di soluzioni avanzate per la fruizione di FAQ od in generale di contenuti (learning object) in ambito e-learning. A tal proposito, lo spettro delle soluzioni proposte può essere classificato [Di Lecce et al., 2008] mediante una triplice ramificazione:

- FAQ basate su streaming di filmati preregistrati e selezionabili mediante query effettuate dall'utente nel corso della sua consultazione della piattaforma.
- Talking character capaci di rispondere alle FAQ degli utenti mediante la presentazione di slide esplicative.
- Assistenti virtuali "intelligenti", caratterizzati da un comportamento derivato da un motore di backend organizzato su piattaforme specifiche per la gestione dell'authoring di contenuti.

In questo lavoro ci si soffermerà sugli aspetti tecnologici, architetturali ed applicativi, di moduli che implementano il paradigma conversazionale in queste classi di applicazioni.

2. Contesto di riferimento

La Rete, nell'epoca del Web 2.0., si caratterizza per un'architettura fondata sulla partecipazione [O'Reilly, 2005] nel senso che gli utenti non sono più solo meri fruitori dei contenuti informativi, ma ricoprono oramai il ruolo attivo di produttori di informazione condivisa attraverso blog, wiki, forum, chat, etc. L'aspetto sociale della Rete, convogliato dalla affermazione delle nuove tecnologie di comunicazione, ha ricadute in diversi ambiti applicativi, tra i quali quello dell'e-learning 2.0.

Il termine "e-Learning 2.0" compare per la prima volta in Downes [Downes, 2005] nel 2005. L'autore mette in luce la progressiva comparsa delle tecnologie di Web 2.0. nel contesto e-learning di vecchia generazione. La parola chiave dell' e-learning 2.0 è 'cooperazione'. L'enfasi è infatti sulla condivisione distribuita delle risorse per il raggiungimento di obiettivi comuni. Palloff and Pratt [Palloff & Pratt, 2005] sottolineano come le esperienze interattive e collaborative possano essere utili per raggiungere risultati rilevanti nei nuovi scenari di apprendimento remoto. In quest'ottica l'e-learning 2.0. instaura nuovi paradigmi di interrelazione studente-studente e studente-insegnante.

In [Di Lecce et al., 2008b] gli autori analizzano l'ambiente della Classe Virtuale come nuova tipologia di ambiente educativo, resa possibile dalle moderne tecnologie Web 2.0., la cui architettura è centrata sullo studente. Lo studente della Classe Virtuale, oltre che con il docente, è infatti anche in costante comunicazione con i suoi compagni e con essi condivide l'accesso ai contenuti formativi [Duffy, 2008]. La fruizione dell'informazione nella Classe Virtuale può essere sincrona e/o asincrona, ampliando di fatto lo spettro delle possibilità rispetto alla classe tradizionale, intesa come ambiente fisico di apprendimento.

Nel nuovo ambiente della Classe Virtuale, la figura dell'insegnante subisce una trasformazione, richiedendo una reinvenzione pedagogica o, come alcuni dicono, "Webagogica" (Rick Ells [Rick Ells]) del suo ruolo. Berge [Berge, 1995]

ipotizza per esempio che l'insegnante ricopra quattro ruoli quando ricorre alle Tecnologie dell'Informazione: pedagogica, sociale, manageriale e tecnica. Mclsaac and Gunawardena [Mclsaac & Gunawardena, 1996] vanno più in là, spingendosi ad ipotizzare una metamorfosi del docente in facilitatore dell'evento formativo. Il docente diviene dunque una guida, mentre è lo studente a farsi proattivo nella ricerca e nella elaborazione dei contenuti sotto la supervisione dell'insegnante.

L'evoluzione del processo di apprendimento nell'ambiente di Classe Virtuale apre la strada a scenari in cui la ricerca di contenuti da parte dello studente possa essere supervisionata, su domini limitati, direttamente da sistemi informativi avanzati basati su Tecniche di Intelligenza Artificiale. In questa ottica, l'adozione del paradigma conversazionale contribuisce a dare vita ad un processo di dialogo studente-sistema finalizzato al raggiungimento dell'obiettivo desiderato, ovvero l'accesso al contenuto richiesto.

Ciò che si frappone maggiormente a che il dialogo studente-sistema converga verso lo stato desiderato è l'ambiguità in cui l'utente può formulare la richiesta. Anche questo aspetto è tuttavia oggi sufficientemente studiato da permettere una disambiguazione efficiente. A livello scientifico cominciano a diffondersi dizionari elettronici evoluti, come WordNet [Fellbaum, 1998], appositamente sviluppati per supportare l'interpretazione di testi liberi, come ad esempio nelle pagine Web [Di Lecce et al., 2009].

L'utilità del dialogo uomo-macchina è duplice: il primo aspetto è la possibilità di poter convergere verso una formulazione progressivamente sempre più corretta di una data richiesta di servizio, il secondo aspetto è legato alla possibilità di sviluppare algoritmi di apprendimento automatico sulla base dello storico delle comunicazioni intercorse.

Nella sezione successiva verranno descritti gli aspetti tecnologici relativi a piattaforme di e-learning che intendano orientarsi al dialogo uomo-macchina.

3. Tecnologie ed architetture basate sul dialogo uomo-macchina per piattaforme di e-learning

Una piattaforma di e-learning che intenda agevolare il dialogo studente-sistema attraverso l'adozione del paradigma conversazionale deve implementare, come visto in precedenza, un modulo di disambiguazione semantica [Di Lecce et al., 2009b]. Gli algoritmi di disambiguazione semantica prendono generalmente in esame un set di frasi scritte espresse in linguaggio naturale, appartenenti ad un corpus, ed estraggono il senso dei termini in un dato contesto. Ciò è possibile mediante l'utilizzo di dizionari elettronici come WordNet.

WordNet è basato sul concetto di synset (gruppo di sinonimi dipendenti dal contesto). I synset sono strutturati secondo relazioni semantico-lessicali tra sensi. Il senso è definito come una coppia termine-synset valida per un determinato contesto. Ad esempio è possibile individuare, tra le diverse relazioni semantico-lessicali, l'iperonimia (relazione semantica tra synset) e l'antonimia (relazione semantico-lessicale tra sensi). Mediante l'ausilio di questa "rete semantica" è possibile adoperare algoritmi di disambiguazione dei sensi

(come lo Structural Semantic Indexing [Navigli & Velardi, 2005]) per associare, con elevata accuratezza, una semantica alle parole presenti in una frase.

Sebbene nelle conversazioni uomo-uomo siano generalmente presenti violazioni grammaticali, in generale è possibile rilevare ed estrarre da un corpus di atti linguistici un certo numero di grammatiche valide. La grammatica è rappresentabile, in tal senso, mediante regole di dipendenza tra entità semantico-lessicali [Di Lecce et al, 2009b]. In [Gerassimenko et al., 2008] per esempio è descritta l'analisi condotta su conversazioni telefoniche istituzionali per progettare un sistema intelligente di risposta.

Da un punto di vista architetturale un sistema di disambiguazione si compone di due macro-blocchi [Soldo et al., 2009]:

- Modulo di comunicazione;
- Modulo di apprendimento.

Il modulo di comunicazione è caratterizzato dal processo comunicativo che si instaura tra l'uomo e la macchina mediante il linguaggio naturale.

Il modulo di apprendimento è sintetizzabile mediante il processo di apprendimento dell'interlocutore digitale della conversazione uomo-macchina.

Entrambi i blocchi sono maggiormente dettagliati di seguito.

3.1 Modulo di comunicazione

Nella conversazione uomo-macchina l'utente invia una richiesta di servizio in linguaggio naturale. Tutte le query inviate dagli utenti costituiscono il corpus degli atti comunicativi. Ciascun atto viene analizzato mediante la grammatica integrata nel sistema. Gli atti, trasposti in forma di relazione tra simboli, vengono poi valutati rispetto a quelli che sono gli atti riconosciuti come validi. Gli atti validi sono ritenuti tali in quanto presentano una corrispondenza uno-ad-uno con un insieme di comandi, eseguibili altrimenti mediante interfacce standard web-based. Il primo passaggio che compie il modulo è dunque l'analisi della query utente per produrre la trasposizione in termini di simboli (ovvero di elementi che individuano i synset).

In particolare il modulo, a seguito dell'analisi di un atto comunicativo di un utente del servizio, può assumere tre possibili stati: 1) Incomprensione totale della query; 2) Comprensione parziale della query; 3) Comprensione completa della query.

A seconda dello stato riscontrato, il modulo interagirà con l'utente comportandosi come nel dialogo uomo-uomo rispettivamente con i seguenti atteggiamenti (Fig. 1):

1. il modulo chiede all'utente di riformulare la query;
2. il modulo chiede all'utente la conferma su quanto parzialmente compreso e, qualora fosse necessario, chiede di comunicare le informazioni mancanti;
3. il modulo esegue il comando corrispondente all'atto comunicativo dell'utente.

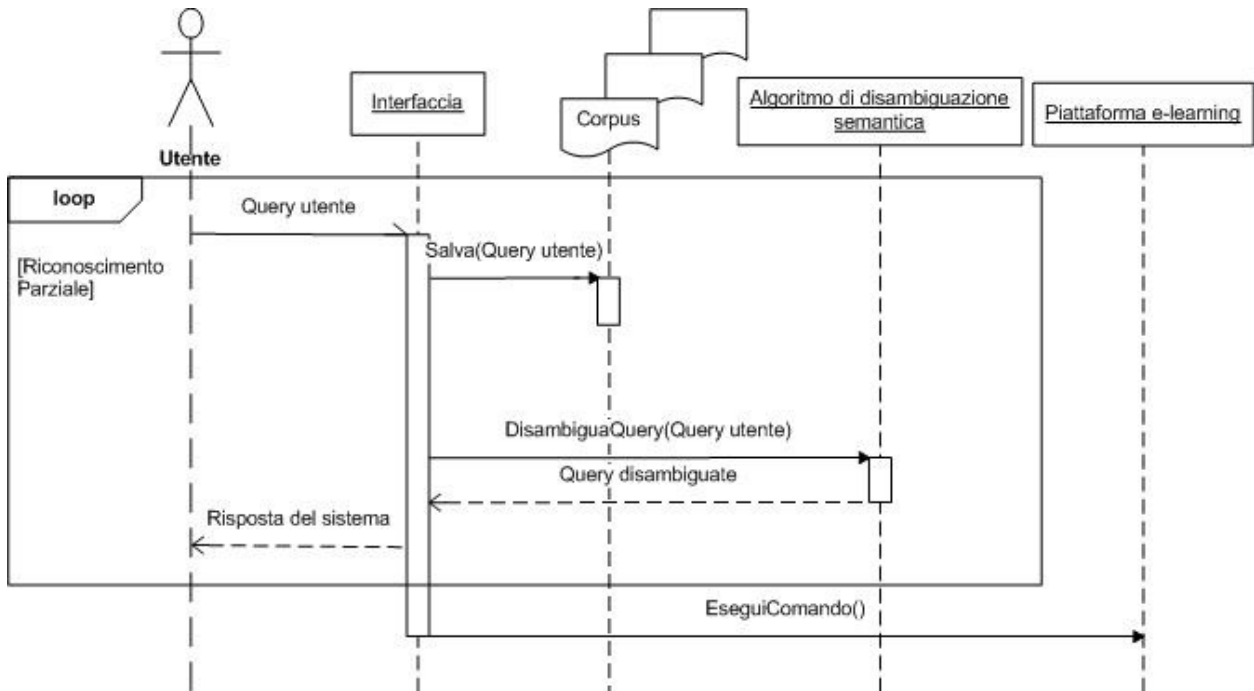


Fig. 1 – Diagramma UML di sequenza per il modulo di comunicazione

L'arricchimento del corpus di atti comunicativi e la presenza di un dizionario sufficientemente popolato permettono di ridurre i casi di incomprensione totale delle query utente. In caso di parziale incomprensione di una query utente il modulo supporta l'utente fornendogli due aiuti:

- disambigua la query scindendo così all'utente le possibili interpretazioni valide in relazione alla grammatica;
- suggerisce, mediante l'ausilio di esempi, il corretto completamento dell'atto per eseguire il corrispondente comando.

3.2 Modulo di apprendimento

Il modulo di apprendimento, supervisionato o semi-supervisionato, contribuisce all'arricchimento della grammatica generando nuove possibili regole semantico-lessicali (Fig. 2). Il sistema estrae tali regole dagli atti comunicativi degli utenti archiviati nel corpus. Le comunicazioni uomo-macchina sono assegnate a sessioni di dialogo che tracciano la cronistoria degli atti dalla loro formalizzazione ambigua alla risoluzione in atti non ambigui e correttamente interpretati. Il processo di apprendimento analizza tali sessioni per la creazione di nuove regole con la supervisione, per esempio, di un ingegnere dell'ontologia.

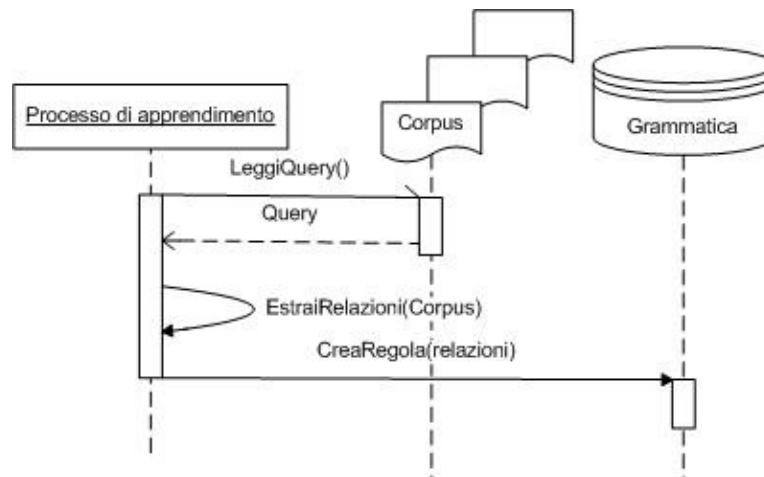


Fig. 2 – Diagramma UML di sequenza per il sistema di apprendimento

4. Esempi applicativi

Un esempio di applicazione di interesse nell'ambito delle piattaforme e-learning per lo sviluppo di moduli per la disambiguazione semantica è quello delle FAQ intelligenti. Questo processo va ben oltre ciò che costituisce un motore di ricerca tradizionale, in quanto il sistema, dialogando con l'utente, cerca di costruire ricorsivamente la risposta. Nello specifico, ogni coppia di atti comunicativi utente-sistema converge monotonicamente verso la identificazione e conseguente esecuzione del comando richiesto. In caso di comprensione parziale della query il sistema di disambiguazione propone infatti, come visto in precedenza, le varie alternative equiprobabili che (in base alla grammatica e al dizionario a disposizione) maggiormente soddisfano la query. Il processo di dialogo dunque continua, per volontà dell'utente, fino alla completa comprensione da parte del sistema del comando richiesto.

In generale, la produzione di FAQ è gestita da un responsabile del servizio di assistenza che colletta le richieste degli utenti di una piattaforma su argomentazioni maggiormente frequenti per fornirle agli stessi, con annesse risposte, in una sezione appositamente dedicata.

Il sistema di disambiguazione precedentemente caratterizzato si colloca, in tal contesto, come intermediario tra gli utenti e la piattaforma, senza necessariamente sostituire la componente umana designata al servizio per l'assistenza. In particolare il modulo di FAQ intelligenti interviene sulle richieste dell'utente prendendole in gestione prima di inoltrare le stesse al responsabile umano. Il motore di disambiguazione analizza la richiesta ricevuta cercando di estrarre tutte le possibili argomentazioni non ambigue per le quali l'utente necessita chiarimenti. A tal riguardo è stato realizzato un prototipo (sviluppato in ambienti Matlab[®] e PHP/MySQL), per il quale si discute un esempio applicativo.

Ipotizziamo che l'utente di una piattaforma di e-learning invii una richiesta di assistenza ad un servizio apposito di FAQ. Tralasciando momentaneamente il mezzo di comunicazione utilizzato nel dialogo uomo-macchina, si considera il

messaggio dell'utente quale atto comunicativo in forma scritta espresso in linguaggio naturale. Consideriamo, a titolo di esempio, che l'atto sia: "Ciao, quali corsi di e-learning sono pianificati?". Alla ricezione di tale richiesta il sistema avvia una sessione di comunicazione uomo-macchina. La sessione resterà aperta fintantoché il sistema non porterà l'utente a convergere ad una richiesta non ambigua. Nell'esempio in esame il sistema risponderà all'utente ponendogli, in linguaggio naturale, le diramazioni non ambigue dell'atto originario: "sei interessato ai corsi pianificati in futuro?", "sei interessato ai corsi già pianificati?", "sei uno studente che vuole conoscere il prosieguo di un corso specifico? Se si comunica il nome del corso".

L'utente riceverà dunque il ventaglio di possibili richieste non ambigue che maggiormente risultano, a seguito dell'analisi semantico-lessicale, inerenti alla richiesta ambigua da lui inviata. Il passaggio successivo è, qualora l'utente dovesse trovare riscontro tra la sua richiesta ed una delle forme semplificate ricevute dal sistema, rispondere alla richiesta maggiormente affine. In questo modo si instaura una vera e propria attività di dialogo tra uomo e macchina. È importante sottolineare che ciò avviene ricorrendo al linguaggio naturale. In Figura 3 si riporta il diagramma relativo alle sperimentazioni effettuate rispetto alla comprensione dell'atto di richiesta di informazione sui corsi e-learning. Il profilo di risposta di ogni singolo utente cambia a seconda del grado di ambiguità riscontrato negli atti comunicativi degli utenti. Dal punto di vista delle ricerche future, l'obiettivo è la progressiva diminuzione del numero medio di interazioni di dialogo-uomo macchina necessarie a convergere verso un atto comunicativo completamente non ambiguo.

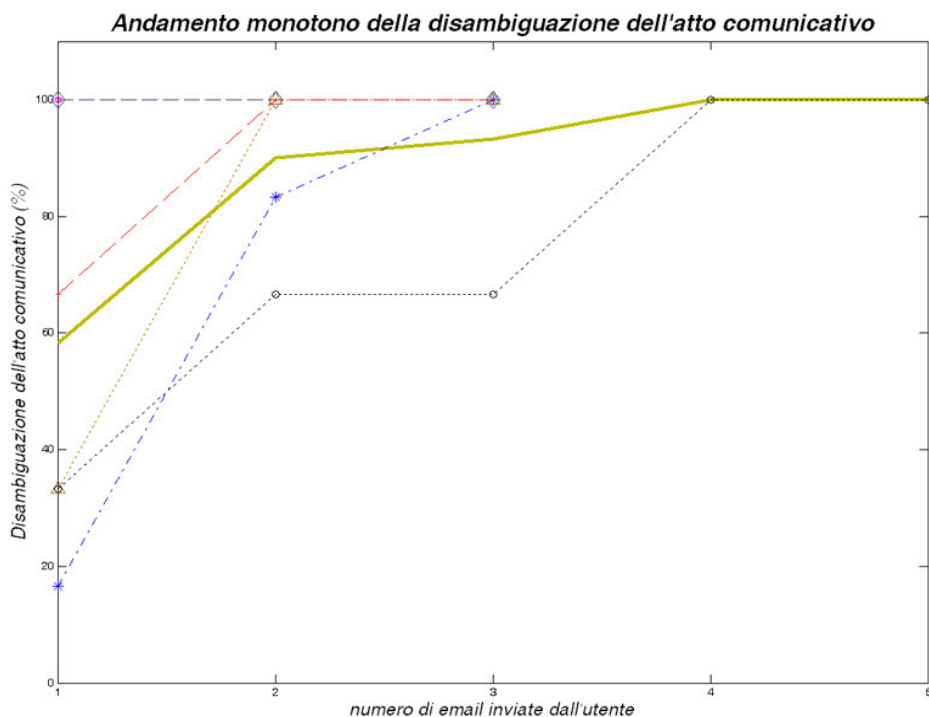


Fig. 3 – Profili di interazione uomo-macchina di un panel di utenti per l’atto di richiesta di informazione sui corsi pianificati. La curva continua rappresenta una interpolante dei dati relativi ai singoli profili.

5. Conclusioni

L'evoluzione delle modalità di apprendimento nell'ambito delle moderne tecnologie di e-learning rende verosimile la prospettiva di nuovi modelli di fruizione dei contenuti basati su moduli di dialogo uomo-macchina. Secondo questi modelli l'utente (per esempio lo studente di una Classe Virtuale) dialoga con un assistente virtuale per reperire un contenuto informativo. L'adozione del paradigma conversazionale in ambito e-learning consente di elevare l'interfaccia di comunicazione ad un più alto livello semantico risolvendo le ambiguità semantiche presenti nel testo scritto in linguaggio naturale e guidando nel contempo l'utente verso la formulazione di un comando non ambiguo. In questo articolo sono stati analizzati alcuni aspetti ingegneristici di tale approccio. In particolare sono state discusse le tecnologie, le architetture ed infine alcuni esempi applicativi relativi all'importazione di sistemi di disambiguazione semantica in piattaforme di e-learning. Tra gli sviluppi futuri si prevede la possibilità di automatizzare, se pure parzialmente, il meccanismo di apprendimento della grammatica dagli atti che costituiscono il corpus. In questo modo potrà essere ridotto il contributo della componente umana nell'attività di produzione delle regole semantico-lessicali.

Bibliografia

[Berge, 1995] Z.L. Berge, Facilitating Computer Conferencing: Recommendations From the Field. *Educational Technology*, 35(1) 22 (1995)

[Berners-Lee et al., 2001] T. Berners-Lee, J. Hendler, O. Lassila, The Semantic Web. *Scientific American*, May, 2001.

[Chiari, 2007] I. Chiari, *Introduzione alla linguistica computazionale*. Ed. Laterza, Bari, 2007.

[DeVault & Stone, 2009] D. DeVault, M. Stone, Learning to interpret utterances using dialogue history, *Proc. of the 12th Conference of the European Chapter of the Association for Computational Linguistics*, pp. 184-192, 2009.

[Di Lecce et al., 2008] V. Di Lecce, A. D'Orazio, A. Amato, M. Calò, A. Giove, A. Quarto, C. Simini, *Piattaforma Informatica per l'Orientamento Universitario. L'Esperienza del Progetto Ariann@*, Atti del Congresso Didamatica, Taranto, Italia, 28-30 Aprile, 2008, ISBN 978-88-8231-456-9.

[Di Lecce et al., 2008b] V. Di Lecce, A. Giove, A. Quarto, VET: a tool for e-learning 2.0, *Proc. of the 8th European Conference on e-Learning (ECEL 2009)*, 29 - 30 October, 2009, Bari - Italy - pp. 156-164.

[Di Lecce et al., 2009] V. Di Lecce, M. Calabrese, D. Soldo, Fingerprinting Lexical Contexts over the Web. *Journal of Universal Computer Science*, Vol. 15, No. 4, (2009), pp. 805-825.

[Di Lecce et al., 2009b] V. Di Lecce, M. Calabrese, D. Soldo, A Semantic Lexicon-based Approach for Sense Disambiguation and Its WWW Application. *International Conference on Intelligent Computing (ICIC 2009)*. *Lecture Notes in Computer Science - Lecture Notes in Artificial Intelligence: Emerging Intelligent Computing Technology and*

Applications. With Aspects of Artificial Intelligence. Vol. 5755/2009, pp. 468-477, ISBN: 978-3-642-04019-1, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2009.

[Dohsaka & Shimazu, 1996] K. Dohsaka, A. Shimazu, A Computational Model of Incremental Utterance Production in Task-Oriented Dialogues (1996), Proc. of the 16th International Conference on Computational Linguistics, 304 – 309.

[Downes, 2005] S. Downes, E- learning 2.0. eLearn Magazine (C- Publications in Trade Journals (invited article)) Association for Computing Machinery.

[Duffy, 2008] P. Duffy, Engaging the YouTube Google-Eyed Generation: Strategies for Using Web 2.0 in Teaching and Learning. Electronic Journal e-Learning, Vol. 6, No. 2, pp. 119-130.

[Fellbaum, 1998] C. Fellbaum, WordNet - An Electronic Lexical Database. Cambridge, MA: MIT Press; 1998.

[Gerassimenko et al., 2008] O. Gerassimenko, R. Kasterpalu, M. Koit, A. Raabis, K. Strandson, From analysis of human-human phone calls to intelligent user interfaces. Proc. of the 4th International IEEE Conference on Intelligent Systems, (2008), Vol. 2.

[Governo Italiano 2004] Governo Italiano, Disposizioni per favorire l'accesso dei soggetti disabili agli strumenti informatici, Legge 9 gennaio 2004, Gazzetta Ufficiale n.13 del 17/07/2004, art. 2, comma 1a.

[Mclsaac & Gunawardena, 1996] M.S. Mclsaac, C.N. Gunawardena, Distance Education. D.H. Jonassen, ed. Handbook of research for educational, educational communications and technology: a project of the Association for Educational Communications and Technology. Simon & Schuster Macmillan, New York (1996) pp. 403-437.

[Navigli & Velardi, 2005] R. Navigli, P. Velardi, Structural Semantic Interconnections: a Knowledge-Based Approach to Word Sense Disambiguation. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 27(7), July, 2005, pp. 1063-1074.

[O'Neill & McTear, 1999] I. M. O'Neill, M. F. McTear, An object-oriented approach to the design of dialogue management functionality, Proc. of the ninth conference on European chapter of the Association for Computational Linguistics, pp.: 23 – 29, 1999.

[O'Reilly, 2005] T. O'Reilly, The open source paradigm shift. Joseph Feller, Brian Fitzgerald Scott A. Hissam and Karim R. Lakhani, eds,.

[Palloff & Pratt, 2005] R. Palloff, K. Pratt, Collaborating online: Learning together in community. San Francisco, CA: Jossey-Bass.

[Quek, 2001] F. Quek, A conversational paradigm for multimodal human interaction, Proc. of the 30th Applied Imagery Pattern Recognition Workshop, (2001), pp. 80-86.

[Rick Ellis] Technology and Webagogy. University of Washington site edited by Rick Ellis.

[Rieser & Moore, 2005] V. Rieser, J. D. Moore, Implications for generating clarification requests in task-oriented dialogues, Proc. of the 43rd Annual Meeting on Association for Computational Linguistics, pp. 239 – 246, 2005 .

[Soldo et al., 2009] D. Soldo, M. Calabrese, A. Quarto, Interfacce Linguistiche Basate su E-Mail. Second Interop-VLab.it Workshop, Roma, Italia, 6 Novembre 2009, pp. 59-63.