

ABSTRACT

RIPROGETTAZIONE DELLO STRUMENTO DI BORDO SPERIMENTALE COCKPIT DISPLAY OF TRAFFIC INFORMATION (CDTI)

L'elaborato muove dallo studio dell'interfaccia dello strumento di bordo sperimentale Cockpit Display of Traffic Information (CDTI) utilizzato nell'ambito del progetto Mediterranean Free Flight Project, MFF. MFF è un programma co-finanziato dalla Comunità Europea e coordinato dall'Ente Nazionale per l'Assistenza al Volo (ENAV S.p.A.) in associazione con un consorzio europeo di aziende e gruppi di ricerca il cui obiettivo è studiare una più efficiente gestione del traffico aereo. Attraverso l'applicazione dei principi dello User Centred Design il presente lavoro di tesi propone una valutazione dello strumento caratterizzata dalla raccolta e l'analisi di dati empirici relativi all'usabilità e quindi una riprogettazione dell'interfaccia mediante la realizzazione di un prototipo digitale a bassa fedeltà.

Il presente lavoro di tesi parte dalla revisione dello strumento mediante principi di progettazione ergonomica centrati sull'utente con una breve descrizione dell'approccio User Centred Design, indicandone le finalità, le fasi, e le metodologie specifiche di ciascuna di esse con particolare attenzione al ciclo iterativo del processo. Il lavoro prosegue con la descrizione del complesso dominio del controllo del traffico aereo, anche per una migliore comprensione degli obiettivi e delle procedure relative al programma MFF. Nella seconda parte dell'elaborato si focalizza sulle fasi di analisi, valutazione e redesign dell'oggetto preso in esame. L'analisi dei requisiti identifica ed esplicita il contesto d'uso dello strumento, definisce l'utenza e ne descrive le attività. Viene fornita una descrizione dettagliata del CDTI volta a sottolineare gli aspetti fondamentali delle specifiche applicazioni e procedure prese in considerazione. L'analisi dello strumento e la raccolta di gran parte dei dati necessari allo sviluppo del ciclo iterativo sono stati condotti nell'arco di due mesi nell'ambito di simulazioni (Real Time Simulations) e durante voli reali (Flight Trials) al fianco di un team di esperti in fattori umani, dei piloti di ENAV-Radiomisure e di alcuni controllori di volo. Lo studio in situ ha privilegiato le metodologie di indagine etnografica: le osservazioni dirette hanno fornito cospicue quantità di dati di tipo qualitativo; le registrazioni audiovisive di tali osservazioni sono state poi al centro di continui debriefings volti a ottenere commenti retrospettivi dei piloti e dei controllori e a rendere possibile la condivisione di esperienze e punti di vista sullo strumento.

La fase di valutazione mira ad individuare possibili problematiche ed inadeguatezze oltre che a fissare gli eventuali interventi migliorativi. Lo scopo è valutare l'interazione tra i piloti e il CDTI ed il relativo carico di lavoro, l'adeguatezza del sistema sia come supporto ai piloti per svolgere le manovre richieste sia rispetto alle informazioni visualizzate al fine di mantenere un sempre aggiornato e corretto modello mentale. In questa fase vengono utilizzati una serie di metodi ispettivi caratterizzati da diversi livelli di complessità ed efficacia. L'analisi muove da simulazioni cognitive basate sul modello dell'azione di Norman ed applica metodologie esperte in riferimento alle euristiche generali di Nielsen e alle più specifiche linee guida per i sistemi di controllo del traffico aereo di Cardoso. Classificati gli aspetti dell'interfaccia che maggiormente richiedono un intervento migliorativo, ne viene valutata la gravità e sono fornite una serie di indicazioni per concreti miglioramenti.

Nella fase di redesign vengono definiti i requisiti di riprogettazione, che derivano dall'attività di analisi condotta nelle fasi precedenti, e che presentano un affinamento progressivo. In questa fase dell'elaborato, la più realizzativa del lavoro, vengono concretizzate le proposte di soluzione tratte dai suddetti requisiti attraverso la mediazione dell'opera di prototipazione. Il lavoro contempla la realizzazione di un prodotto più efficiente ed usabile con un miglioramento della Technical Usability (gli aspetti percettivi e fisici dell'interfaccia), della Domain Suitability (adeguatezza del sistema rispetto ai requisiti del dominio) e della User Acceptability (la capacità del sistema di rispondere alle aspettative e ai bisogni degli utenti finali). La realizzazione di un prototipo digitale a bassa fedeltà con l'aiuto di adeguati strumenti grafici ed interattivi permette di simulare un'alternativa di design per lo strumento analizzato e di raccogliere nuove indicazioni per un eventuale successivo ciclo di progettazione. Attraverso l'elaborazione di scenari d'uso vengono prese in considerazione specifiche interazioni tra utenti e sistema al fine di indirizzare con più precisione gli interventi sul design dello strumento. La prototipazione muove dal modello teorico di Houde e Hill che descrive gli aspetti di un prototipo in base al loro ruolo, il loro aspetto e la loro realizzazione tecnica. Lo scopo di questo specifico prototipo è quello di presentare le proprie funzionalità in maniera innovativa puntando sull'appa-

renza e le sensazioni, ed in generale sulle possibilità interattive. L'iteratività del ciclo di progettazione e la necessità di valutare la validità delle idee applicate nella riprogettazione concorrono nell'ulteriore valutazione, questa volta sul prototipo, svolta con utenti esperti.

A partire dai risultati di quest'ultima valutazione, vengono proposte alcune modifiche per ulteriori revisioni dello strumento in un eventuale nuovo ciclo progettuale. In conclusione, il lavoro induce a una considerazione dell'approccio centrato sull'utente nel settore del controllo del traffico aereo, evidenziando i vantaggi emersi nel corso dell'indagine, e valutandone l'utilità nella riprogettazione di strumenti interattivi.

REDESIGN OF THE EXPERIMENTAL FLIGHT INSTRUMENT COCKPIT DISPLAY OF TRAFFIC INFORMATION (CDTI)

The project concerns the study of the experimental flight instrument Cockpit Display of Traffic Information (CDTI) developed for the Mediterranean Free Flight Project. MFF is a programme of the European Community coordinated by ENAV S.p.A (Italian Air Traffic Control agency), in collaboration with a European consortium of agencies and companies for the study of a more efficient air traffic management. Through the application of user centred design my work aims to an evaluation of the actual instrument, data analysis and redesign of its graphic interface with the development of a low-fi digital prototype.

Approaching the project from ergonomics studies, I first give a description of user centred design and in particular its iterative process. In the second chapter I describe the specific domain of air traffic control and the major objectives and procedures related to the MFF.

In the third chapter there is a detailed description of the CDTI. Data has been collected over a period of two months during my internship: I took part to flight simulations (Real Time Simulations) and managed to collect data also from real flights (Flight Trials), collaborating with Human Factors experts, ENAV pilots and air traffic controllers. Ethnographic studies allowed me to gather important qualitative data and participation to debriefs of domain experts gave me continuous feedback on various issues concerning the CDTI.

Chapter four focuses on the major issues to be eventually redesigned. By taking into account the interaction between pilots and the instrument and the workload, I tried to investigate if the CDTI responded to safety issues while giving an appropriate visualization that could allow users to elaborate correct mental models. The action model of Norman is used as a reference for the analysis and the instrument is evaluated with Nielsen heuristics and the more specific Cardosi guidelines for air traffic control systems. The issues are given a priority scale and all of them carry an indication for possible redesign.

The fifth chapter presents the adequate redesign requirements concentrating on Technical Usability (the perceptive and physical aspects of the interface), Domain Suitability (appropriate correspondance to domain requirements) and User Acceptability (user needs and expectations are satisfied). The development of a low-fi prototype is fully described starting from the scenarios of interaction chosen for the redesign. According to the Houde and Hill model, I made a prototype that improves the Look and Feel of the instrument through a set of interventions on the Graphic User Interface. The prototype was evaluated with domain experts and some indications were collected in order to start a new cycle of redesign.

INDICE DEI CONTENUTI

IL DESIGN CENTRATO SULL'UTENTE

- 1.1 Cenni introduttivi 7
- 1.2 Analisi dei requisiti 9
- 1.3 Sviluppo di modelli progettuali e prototipi 11
- 1.4 Valutazione 12
- 1.5 Gli scenari d'uso 13

IL DOMINIO DI ATTIVITA'

- 2.1 Il controllo del traffico aereo 16
- 2.2 Il "Mediterranean Free Flight Project" 19
- 2.3 Le procedure ASAS 20

L'ANALISI DEI REQUISITI DELLO STRUMENTO

- 3.1 Analisi dell'attività umana e del contesto d'uso 23
- 3.2 Le tecniche di analisi: le Real Time Simulations e i Flight Trials 23
- 3.3 Le metodologie dell'analisi: l'indagine etnografica 27
 - 3.3.1 *L'osservazione diretta* 28
 - 3.3.2 *Il debriefing* 30
 - 3.3.3 *I questionari* 31
- 3.4 Il Cockpit Display of Traffic Information (CDTI) 32
 - 3.4.1 *I menu gerarchici del CDTI* 33

LA VALUTAZIONE DELLO STRUMENTO

- 4.1 La valutazione esperta 41
 - 4.1.1 *Le euristiche di Nielsen* 42
 - 4.1.2 *La lista di controllo di Cardoso* 44
- 4.2 Il Cognitive Walkthrough 45
- 4.3 L'applicazione delle metodologie di valutazione al CDTI 47

LA RIPROGETTAZIONE DELLO STRUMENTO

- 5.1 Cenni introduttivi 62
 - 5.1.1 *Definizione di prototipo* 64
- 5.2 Il modello di Houde e Hill 65
- 5.3 La realizzazione del prototipo 67
 - 5.3.1 *Caratteristiche di un sistema ATC centrato sull'utente* 67
 - 5.3.2 *Elenco dei requisiti del prototipo* 69
- 5.4 La costruzione degli scenari 71
- 5.5 La valutazione del prototipo 72
- 5.6 Proposte di modifica 78

CONCLUSIONI 80

BIBLIOGRAFIA 82

SITOGRAFIA 83

BIBLIOGRAFIA

- Benjafield J., *Psicologia dei processi cognitivi*, Il Mulino, Bologna, 1999
- Cardosi K., Murphy E., *Human factors checklist for the design and evaluation of Air Traffic Control systems*, U.S. Department of Transportation–FAA, Cambridge, 1995
- Carroll J. M., *Scenario-Based Design*, John Wiley&Sons, New York, 1995
- Constantine L., Lockwood L., “Structure and Style in Use Cases for User Interfaces” in van Harmelan E., *Object Modelling and User Interface Design*, Addison Wesley, Boston, 2001
- Cooper A., Reimann R., *About Face 2.0: the essentials of interaction design*, John Wiley&Sons, New York, 2003
- Edwards E., *Man and machine: systems for safety*, British Airline Pilots Associations Technical Symposium, Londra, 1972
- Gould J.D., Lewis C., *Designing for usability – key principles and what designers think*, SIGCHI conference on Human Factors in Computing Systems, Boston, 1983
- Harwood K., “Defining Human-Centred systems issues for verifying and validating Air Traffic Control systems” in Wise J. et al., *Verification and validation of complex and integrated human machine systems*, Springer-Verlag, Berlino, 1993
- Hooper Woolsey K., Scott K., Gayle C., *Vizability*, PWS Publishing Company, Boston, 1996
- Houde S., Hill C., “What do prototypes prototype?” in Helander M., Landauer T., Prabhu P., *Handbook of Human Computer Interaction*, Elsevier Science B.V., Amsterdam, 1997
- Hutchins E., *Cognition in the wild*, MIT Press, Cambridge, 1995
- Hutchins E., Hollan J., Norman D., “Direct manipulation interfaces” in Norman D., Draper S., *User Centered System Design: New Perspectives on Human-Computer Interaction*, Lawrence Erlbaum, Hillsdale, 1986
- Jorna P.G.A.M., *Human Machine interfaces for ATM: objective and subjective measurements on human interactions with future Flight deck and Air Traffic Control systems*, 1st USA/Europe Air Traffic Management R&D Seminar, Parigi, 1997
- Kim S., “*Interdisciplinary Collaboration*” in *The Art of Human-Computer Interface Design*, Addison-Wesley, Reading, 1990
- Kirwan B. et al., *Human Factors in the ATM system design life cycle*, 1st USA/Europe Air Traffic Management R&D Seminar, Parigi, 1997
- Kloster G.V., Zellweger A., “Engineering the man-machine interface for Air Traffic Control” in *FAA’s Advanced Automation Program vol. 20*, IEEE Computer Society Press, Los Alamos, 1987
- Mantovani G., *L’interazione uomo-computer*, Il Mulino, Bologna, 1995
- Marti P., Lanzi P., Pucci F., *Evaluating safety and usability of ATM systems*, 4th USA/Europe Air Traffic Management R&D Seminar, Santa Fe, 2001

- Marti P., Scrivani P., *The representation of context in the simulation of complex systems*, Cognitive Technology, 2002 (in stampa; presa visione per gentile concessione degli autori)
- Nielsen J., *Usability engineering*, Morgan Kaufmann Publisher, San Francisco, 1993
- Nielsen J., Mack R.L., *Usability Inspection Methods*, John Wiley & Sons, New York, 1994
- Norman D., *La caffettiera del masochista*, Giunti, Firenze, 1996
- Norman D., *Le cose che ci fanno intelligenti*, Feltrinelli, Milano, 1993
- Paylor A., *Air Traffic Control today and tomorrow*, Ian Allan, Shepperton, 1993
- Preece J., Keller L., *Human Computer Interaction*, University press, Cambridge, 1990
- Rasmussen J., Goodstein L.P. "Information Technology and Work" in Helander M., *Handbook of Human-Computer Interaction*, Elsevier Science B.V., Amsterdam, 1988
- Rizzo A., Marti P., Bagnara S., "Interazione Uomo-Macchina" in Burattini E., Cordeschi R., *Manuale di Intelligenza Artificiale per le Scienze Umane*, Carocci Editore, Roma, 2001
- Schrage M., "Cultures of prototyping" in Winograd T., *Bringing design to software*, Addison-Wesley, Reading, 1996
- Suchman L., Trigg R., "Understanding Practice: Video as a Medium for Reflection and Design" in Greenbaum J., Kyng M., *Design at Work: Cooperative Design of Computer Systems*, Lawrence Erlbaum, Hillsdale, 1991
- Wiener L., Nagel D., *Human factors in aviation*, Academic Press, San Diego, 1988

SITOGRAFIA

ISO 13407:1999 Human-centred design processes for interactive systems, www.iso.org

User Centred Design. Risorse per un design più usabile e accessibile, www.usercentred.net

ENAV S.p.A., Società Nazionale per l'Assistenza al Volo, www.enav.it