

---

## 1 - Titolo del Progetto di Ricerca

CINA: Composizionalità, Interazione, Negoziazione, Autonomia per la società ICT futura

## 2 - Area Scientifico-disciplinare

Area scientifico disciplinare	% di afferenza
01 Scienze matematiche e informatiche	100 *

---

## 3 - Settori scientifico-disciplinari interessati dal Progetto di Ricerca

INF/01 - Informatica

## 3 bis Settori di ricerca ERC (European Research Council) interessati dal Progetto di Ricerca

## 4 - Parole chiave

---

## 5 - Coordinatore Scientifico

**DE NICOLA**  
(Cognome)

**ROCCO**  
(Nome)

**Professore Ordinario**  
(Qualifica)

**26/06/1954**  
(Data di nascita)

**DNCRCC54H26B415U**  
(Codice fiscale)

**Scuola IMT - Istituzioni, Mercati, Tecnologie - Alti Studi - LUCCA**  
(Università)

**ALTRE STRUTTURE**  
(Facoltà)

**Dipartimento di COMPUTER SCIENCE AND APPLICATIONS**  
(Dipartimento)

**0583/4326370**  
(telefono)

**0583/4326565**  
(fax)

**rocco.denicola@imtlucca.it**  
(E-mail)

---

## 6 - Curriculum scientifico

### Formazione

- \* Ph.D. in Computer Science dal Department of Computer Science of University of Edinburgh (UK) - Maggio 1985.
- \* Laurea (con lode) in Scienze dell'Informazione dall'Università di Pisa - Dicembre 1978.

### Esperienze Lavorative

- \* Luglio 2011 - oggi: Professore Ordinario Presso IMT - Institute for Advanced Studies, Lucca.
- \* Novembre 1995 - Giugno 2011: Professore Ordinario di Informatica presso l'Università di Firenze.
- \* Novembre 1990 - Ottobre 1995: Professore Ordinario di Informatica presso l'Università "La Sapienza" di Roma.
- \* Ottobre 1982 - Ottobre 1990: Ricercatore presso Istituto di Elaborazione dell'Informazione del CNR di Pisa
- \* Marzo 1981 - Settembre 1983: Dottorando presso l'Università di Edimburgo.
- \* Maggio 1980 - Febbraio 1981: Ricercatore presso ITALTEL di Milano.
- \* Aprile 1978 - Aprile 1980: Borsa di studio Olivetti per un progetto congiunto con l'Istituto di Elaborazione dell'Informazione (IEI) presso il CNR di Pisa.

### Ricerca e Riconoscimenti

La ricerca di De Nicola mira a comprendere le basi del calcolo distribuito e ad applicare le tecniche formali basate sugli studi fondazionali per lo sviluppo e l'analisi

dei sistemi concorrenti e distribuiti. Attualmente la ricerca si concentra su:

- \* Modelli e Linguaggi per Sistemi Distribuiti
- \* Network Aware Programming
- \* Service Oriented Computing
- \* Specifiche di proprietà qualitative e quantitative di sistemi distribuiti
- \* Modelli astratti per la sicurezza e calcoli di processi crittografici

Su questi temi, De Nicola collabora attualmente con ricercatori provenienti da numerose istituzioni nazionali e internazionali ed è autore di circa 130 pubblicazioni su riviste internazionali e atti di convegni internazionali con referaggio. De Nicola ha curato anche vari volumi e numeri speciali di riviste.

La ricerca di De Nicola ha avuto anche tre importanti riconoscimenti:

- \* Brevetto: United States Patent 6751619 Methods and apparatus for tuple management in data processing system. Rilasciato il 15 giugno, 2004 Inventori Antony Rowstron e Rocco De Nicola
- \* Citazioni: De Nicola è, secondo la ISI-Thomson, tra i 300 ricercatori in Informatica più citati al mondo (<http://isihighlycited.com>).
- \* Titoli: De Nicola è stato onorato con il titolo di "Commendatore al Merito della Repubblica Italiana".

De Nicola è membro del Gruppo 2003 (il gruppo degli scienziati italiani più citati) ed è membro di tre gruppi di lavoro IFIP 2.2, 1.6 e 1.8. Nel 2011, è diventato anche membro della Academia Europaea.

#### **Insegnamento**

All'Università di Firenze e di Roma, De Nicola ha insegnato: Programmazione Concorrente, Specifica e Analisi di Sistemi Concorrenti, Sicurezza Informatica, Sistemi Operativi, Algoritmi e Strutture Dati, Architetture degli Elaboratori, Computabilità e Linguaggi Formali, Fondamenti dei Linguaggi di Programmazione. De Nicola ha seguito il lavoro di dottorato o master di numerosi studenti. Alcuni di loro (Luca Aceto, Lorenzo Bettini, Michele Boreale, Flavio Corradini, Daniele Gorla, Michele Loreti, Rosario Pugliese, Roberto Segala, Emilio Tuosto) hanno un ruolo importante nella ricerca internazionale e in Università italiane o europee.

#### **Altre Attività**

De Nicola è stato "visiting professor" presso la Technical Univeritaet di Berlino nel maggio 1996, presso l'Ecole Normale Superieure de Paris nel mese di aprile 2004 e alla Ludwig-Maximilians-Universitaet di Monaco di Baviera nel luglio 2004, è stato anche "visiting researcher" presso Microsoft Research laboratori di Cambridge (UK) per tre mesi durante il 1999 e il 2003.

De Nicola è stato negli anni

- \* Coordinatore del Dottorato di Ricerca in Informatica ed Applicazioni presso l'Università di Firenze.
- \* Presidente dei Corsi di Laurea in Informatica e Delegato del Rettore per il coordinamento del sistema di informazione.
- \* Delegato del Rettore per la gestione del sistema informativo dell'Università degli Studi di Firenze.
- \* Vice-Presidente del consiglio di amministrazione di CSIAF, il Centro per i Servizi Informatici dell'Università degli Studi di Firenze.
- \* Vice Direttore del Dipartimento di Sistemi ed Informatica presso l'Università di Firenze.
- \* Vice-Presidente (Coordinatore del Comitato Scientifico) del GRIN, l'associazione di tutti i ricercatori in Scienze dell'Informazione presso Università italiane.

De Nicola è attualmente

- \* Membro del comitato editoriale per Mathematical Structures in Computer Science (Cambridge University Press).
- \* Membro del comitato editoriale per Electronics Proceedings in Theoretical Computer Science.
- \* Chairman dello Steering Committees della conferenza: International Symposium on Trustworthy Global Computing (TGC).
- \* Membro dello Steering Committees dell'International Federated Conferences on Distributed Computing Techniques (DISCOTEC) e dell'International Conference on Coordination Models and Languages (COORDINATION).
- \* Membro dell'advisory board di CITI: The Research Center for Informatics and Information Technologies (Portugal) e MT-LAB: Modelling of Information Technology (Denmark).
- \* Coordinatore del programma di dottorato in Computer Science and Engineering dell'IMT
- \* Direttore dell'area di ricerca in Computer Science and Application dell'IMT.

Inoltre, De Nicola è stato General Chair di PLI 2001, Conference Chair di PDP 2001, Program Chair di COORDINATION 2004, TGC 2005 e ESOP 2007, membro dello Steering Committee di ETAPS ed è stato membro del comitato di programma di importanti conferenze internazionali, come ad esempio AMAST, CAAP, CONCUR, COORDINAMENTO, FCT, ICALP, LICS, MA, MFCS, PROCOMET, PDP. De Nicola è stato anche relatore invitato per numerose conferenze e scuole internazionali tra i quali IFIP World Congress 1986, COORDINATION 1999, Concur 2000, EXPRESS 2004, FMCO 2004, DAIS-FMOODS 2005, QAPL 2006.

#### **Progetti di Ricerca Recenti**

De Nicola è o è stato recentemente coordinatore dei progetti finanziati dal MIUR, CNR, Microsoft e Unione Europea:

- \* NAPOLI: Network Aware Programming: Objects Languages and Implementations 2002-2003 MIUR - Italy 200.000 Euro (National Coordinator)
- \* AGILE: Architectures for Mobility 2001-2004 IST FET Global Computing - EU 150.000 Euro (Site Coordinator)
- \* MIKADO: Models and Calculi for Mobility 2001-2004 IST FET Global Computing - EU 500.000 Euro (Site Coordinator)
- \* NAPI: Network Aware Programming in Italy 2001-2004 Microsoft Research Cambridge 100.000 Euro (Project Leader)
- \* SP4: Architetture Software ad Alta Qualita' di Servizio per Global Computing su Cooperative Wide Area Networks 2002-2005 Progetto SP4 - CNR 110.000 Euro (Site Coordinator)
- \* PaCo: Performability-Aware Computing: Logics, Models, and Languages 2008-2010 MIUR - Italy 20.000 Euro (Site Coordinator)
- \* SENSORIA: Software Engineering for Service-Oriented Overlay Computers 2005-2010 IST FET Global Computing Initiative II - EU 400.000 Euro (Site Coordinator)
- \* ASCENS: Autonomic Service-Component Ensembles 2010-2013 IST FET Self-Awareness in Autonomic Systems - EU 400.000 Euro (Site Coordinator)

## **7 - Pubblicazioni scientifiche più significative del Coordinatore Scientifico**

1. Acciai L, Boreale M, DE NICOLA R. (2011). Linear-Time and May-Testing in a Probabilistic Reactive Setting. Formal Techniques for Distributed Systems: FMOODS/FORTE 2011. vol. 6722 - LNCS, p. 29-43, BERLIN: Springer, ISBN/ISSN: 978-3-642-21460-8
2. Caires L, DE NICOLA R., Pugliese R, Vasconcelos V T, Zavattaro G (2011). Core Calculi for Service-Oriented Computing. Rigorous Software Engineering for Service-Oriented Systems - Results of the SENSORIA Project on Software Engineering for Service-Oriented Computing. vol. 6582 - LNCS, p. 153-188, BERLIN: Springer, ISBN/ISSN: 978-3-642-20400-5
3. DE NICOLA R. (2011). Process Algebras. Encyclopedia of Parallel Computing. p. 1624-1636, NEW YORK: Springer, ISBN/ISSN: 978-0-387-09765-7
4. DE NICOLA R., Latella D, Loreti M, Massink M (2011). SoSL: A Service-Oriented Stochastic Logic. Rigorous Software Engineering for Service-Oriented Systems - Results of the SENSORIA Project on Software Engineering for Service-Oriented Computing. vol. 6582 LNCS, p. 447-466, BERLIN: Springer, ISBN/ISSN: 978-3-642-20400-5
5. DE NICOLA R., D. GORLA, R.R. HANSEN, F. NIELSON, H. RIIS NIELSON, CHRISTIAN W. PROBST, PUGLIESE R (2010). From Flow Logic to static type systems for coordination languages. SCIENCE OF COMPUTER PROGRAMMING, vol. 75(6); p. 376-397, ISSN: 0167-6423, doi: 10.1016/j.scico.2009.07.009
6. DE NICOLA R., DANIELE GORLA, ANNA LABELLA (2010). Tree-functors, determinacy and bisimulations. MATHEMATICAL STRUCTURES IN COMPUTER SCIENCE, vol. 20(3); p. 319-358, ISSN: 0960-1295
7. MARCO BERNARDO, DE NICOLA R., MICHELE LORETI (2010). Uniform Labeled Transition Systems for Nondeterministic, Probabilistic and Stochastic Processes. Trustworthy Global Computing 5th International Symposium, TGC 2010, Munich, Germany, February 24-26, 2010, Revised Selected Papers. vol. 6084 - LNCS, p. 35-56, ISBN/ISSN: 9783642156397
8. DE NICOLA R., D. LATELLA, M. LORETI, M. MASSINK (2009). Rate-Based Transition Systems for Stochastic Process Calculi. In: S. Albers, A. Marchetti-Spaccamela, Y. Matias, S.E. Nikolettseas, W.Thomas (Eds.). Automata, Languages and Programming, 36th International Colloquium, ICALP 2009, Lecture Notes in Computer Science 5556. p. 435-446, BERLIN: Springer, ISBN/ISSN: 9783642029295, doi: 10.1007/978-3-642-02930-1\_36
9. DE NICOLA R., D. LATELLA, M. LORETI, M. MASSINK: (2009). On a Uniform Framework for the Definition of Stochastic Process Languages. In: M.

- Alpuente, B. Cook, C. Joubert (Eds.. Formal Methods for Industrial Critical Systems, 14th International Workshop, FMICS 2009. p. 9-25, BERLIN: Springer, ISBN/ISSN: 9783642045691, doi: 10.1007/978-3-642-04570-7\_2
10. DE NICOLA R., D. LATELLA, M. LORETI, MASSINK M (2009). MarCaSPiS: a Markovian Extension of a Calculus for Services. ELECTRONIC NOTES IN THEORETICAL COMPUTER SCIENCE, vol. 229; p. 11-26, ISSN: 1571-0661
  11. R. BRUNI, DE NICOLA R., M. LORETI, L. MEZZINA (2009). Provably Correct Implementations of Services. In: Christos Kaklamani, Flemming Nielson. Trustworthy Global Computing, 4th International Symposium, TGC 2008, Barcelona, Spain, November 3-4, 2008, Revised Selected Papers. Lecture Notes in Computer Science 5474. p. 69-86, . ISBN/ISSN: 9783642009440
  12. BOREALE M, ROBERTO BRUNI, DE NICOLA R., MICHELE LORETI (2008). Sessions and Pipelines for Structured Service Programming. In: Gilles Barthe, Frank S. de Boer. Formal Methods for Open Object-Based Distributed Systems, 10th IFIP WG 6.1 International Conference, FMOODS 2008, Oslo, Norway, June 4-6, 2008, Proceedings. Lecture Notes in Computer Science 5051. p. 19-38, BERLIN: Springer, ISBN/ISSN: 9783540688624
  13. CALZOLAI F, DE NICOLA R., LORETI M, TIEZZI F (2008). TAPAs: A Tool for the Analysis of Process Algebras. TRANSACTIONS ON PETRI NETS AND OTHER MODELS OF CONCURRENCY, vol. 5100; p. 54-70, ISSN: 1867-7193
  14. DE NICOLA R., D. GORLA, R.R. HANSEN, F. NIELSON, H.R. NIELSON, C.W. PROBST, R. PUGLIESE (2008). From Flow Logic to Static Type Systems for Coordination Languages. In: Doug Lea, Gianluigi Zavattaro (Eds.). Coordination Models and Languages, 10th International Conference, COORDINATION 2008. p. 100-116, BERLIN: Springer, ISBN/ISSN: 9783540682646
  15. DE NICOLA R., LORETI M (2008). Modelling global computations with Klaim. PHILOSOPHICAL TRANSACTIONS - ROYAL SOCIETY. MATHEMATICAL, PHYSICAL AND ENGINEERING SCIENCES, vol. 366; p. 3737-3745, ISSN: 1471-2962
  16. DE NICOLA R., LORETI M (2008). Multiple-Labelled Transition Systems for nominal calculi and their logics. MATHEMATICAL STRUCTURES IN COMPUTER SCIENCE, vol. 18; p. 107-143, ISSN: 0960-1295
  17. DE NICOLA R., Loreti M (2008). Modelling global computations with Klaim. PHILOSOPHICAL TRANSACTIONS OF THE ROYAL SOCIETY OF LONDON SERIES A: MATHEMATICAL PHYSICAL AND ENGINEERING SCIENCES, vol. 336; p. 3737-3745, ISSN: 1364-503X
  18. G. CASTAGNA, DE NICOLA R., D. VARACCA (2008). Semantic subtyping for the pi-calculus. THEORETICAL COMPUTER SCIENCE, vol. 398 (1-3); p. 217-242, ISSN: 0304-3975
  19. LORENZO BETTINI, DE NICOLA R., MICHELE LORETI (2008). Implementing Session Centered Calculi. In: Doug Lea, Gianluigi Zavattaro. Coordination Models and Languages, 10th International Conference, COORDINATION 2008, Oslo, Norway, June 4-6, 2008. Proceedings. Lecture Notes in Computer Science 5052. p. 17-32, BERLIN: Springer, ISBN/ISSN: 9783540682646
  20. DE NICOLA R., D. GORLA, PUGLIESE R (2007). Global computing in a dynamic network of tuple spaces. SCIENCE OF COMPUTER PROGRAMMING, vol. 64(2); p. 187-204, ISSN: 0167-6423
  21. DE NICOLA R., D. GORLA, R. PUGLIESE (2007). Basic Observables for a Calculus for Global Computing. INFORMATION AND COMPUTATION, vol. 205(10); p. 1491-1525, ISSN: 0890-5401
  22. DE NICOLA R., J.-P. KATOEN, D. LATELLA, LORETI M, M. MASSINK (2007). Model checking mobile stochastic logic. THEORETICAL COMPUTER SCIENCE, vol. 382(1); p. 42-70, ISSN: 0304-3975
  23. DE NICOLA R., M. LORETI (2007). Multi Labelled Transition Systems: A Semantic Framework for Nominal Calculi. ELECTRONIC NOTES IN THEORETICAL COMPUTER SCIENCE, vol. 169; p. 133-146, ISSN: 1571-0661
  24. L. BETTINI, DE NICOLA R., D. FALASSI, M. LORETI (2007). Implementing a Distributed Mobile Calculus Using the IMC Framework. ELECTRONIC NOTES IN THEORETICAL COMPUTER SCIENCE, vol. 382; p. 42-70, ISSN: 1571-0661
  25. M.C. PALMERI, DE NICOLA R., M. MASSINK: (2007). Basic Observables for Probabilistic May Testing. In: Autori Vari. Fourth International Conference on the Quantitative Evaluation of Systems (QEST 2007). p. 189-200, WASHINGTON, DC: IEEE Computer Society, ISBN/ISSN: 076952883X
  26. BOREALE M, ROBERTO BRUNI, LUIS CAIRES, DE NICOLA R., IVAN LANESE, MICHELE LORETI, FRANCISCO MARTINS, UGO MONTANARI, ANTONIO RAVARA, DAVIDE SANGIORGI, VASCO VASCONCELOS, GIANLUIGI ZAVATTARO (2006). SCC: a Service Centered Calculus. In: Mario Bravetti, Manuel Núñez, Gianluigi Zavattaro. Web Services and Formal Methods, Third International Workshop, WS-FM 2006 Vienna, Austria, September 8-9, 2006, Proceedings. Lecture Notes in Computer Science 4184. p. 38-57, . ISBN/ISSN: 3540388621
  27. DE NICOLA R., D. GORLA, PUGLIESE R (2006). Confining data and processes in global computing applications. SCIENCE OF COMPUTER PROGRAMMING, vol. 63(1); p. 57-87, ISSN: 0167-6423
  28. DE NICOLA R., D. GORLA, R. PUGLIESE (2006). On the Expressive Power of Klaim-based Calculi. THEORETICAL COMPUTER SCIENCE, vol. 356(3); p. 387-421, ISSN: 0304-3975
  29. DE NICOLA R., J.-P. KATOEN, D. LATELLA, M. MASSINK (2006). Towards a Logic for Performance and Mobility. ELECTRONIC NOTES IN THEORETICAL COMPUTER SCIENCE, vol. 153(2); p. 161-175, ISSN: 1571-0661
  30. L. BETTINI, DE NICOLA R., M. LORETI (2006). Implementing Mobile and Distributed Applications in X-Klaim. SCALABLE COMPUTING. PRACTICE AND EXPERIENCE, vol. 7; p. 13-35, ISSN: 1895-1767

## 8 - Elenco delle Unità operative

Unità	Responsabile dell'Unità di Ricerca	Qualifica	Ente	Dipart./Istituto	Disponibilità temporale indicativa prevista
					<b>mesi/persona previsti</b>
<b>Totale</b>					<b>0</b>

## 9 - Abstract del Progetto di Ricerca

Questo progetto affronta problematiche relative allo sviluppo e alla gestione di sistemi IT open-ended, formati da componenti eterogenee, altamente parallele, altamente distribuite, che hanno interazioni e comportamenti articolati, e che sono autonome in termini di comportamento individuale, obbiettivi e processi decisionali. Verrà sviluppato un insieme coerente e integrato di linguaggi, metodi e strumenti per costruire sistemi in grado di operare in modalità open-ended (in contesti con comportamenti non sempre prevedibili) e, al contempo, capaci di adattarsi ai cambiamenti di ambiente o di requisiti, garantendo un comportamento affidabile anche in presenza di errori o attacchi. Di seguito saranno brevemente descritti i principali obiettivi del progetto.

### **Autonomia**

Per fornire ai programmatori appropriate astrazioni linguistiche atte a modellare e manipolare la conoscenza, il comportamento, l'aggregazione e le interazioni, verranno progettati e implementati appositi linguaggi di specifica e/o programmazione, che consentiranno di integrare descrizioni comportamentali e gestione della conoscenza, e saranno fondati su solide basi matematiche per permettere il ragionamento formale e la verifica di proprietà.

### **Negoziato**

Per gestire scenari di collaborazione con un'elevata dinamicità dei partecipanti, verranno elaborati modelli di interazione che aderiscono al cosiddetto schema NCE (Negotiate, Commit, Execute). Inoltre, per far fronte ad imprevisti e deviazioni dai comportamenti attesi, saranno sviluppate tecniche basate sulla reversibilità, che permettono alle componenti di ritornare a stati globalmente sicuri, e tecniche basate sulla compensazione, per porre rimedio agli effetti di attività abortite all'interno di transizioni di tipo "long-running".

### **Glocalità**

Per sistemi con interazioni complesse, la progettazione globale è spesso più adatta rispetto all'assemblaggio di componenti secondo una strategia di tipo bottom-up. Per passare da specifiche globali a specifiche locali, saranno definiti principi di ingegneria e linee guida operazionali per la progettazione e l'analisi di sistemi adattivi collettivi. Questi saranno basati su modelli formali generali che forniranno la base per algoritmi di proiezione che consentiranno, non solo di derivare in modo

automatico le descrizioni delle componenti locali a partire dalle specifiche globali, ma anche di definire middleware di tipo resource-aware e determinare il comportamento collettivo emergente di entità autonome interagenti.

#### **Performability**

Per trattare l'incertezza e la conoscenza parziale, e per modellare la "verità parziale", verranno studiate estensioni quantitative di modelli, linguaggi e logiche per poter prendere in considerazione aspetti quantitativi quali probabilità di eventi e 'rate' di esecuzione. Sarà quindi sviluppato un framework per modellare e analizzare sia le caratteristiche qualitative che quelle quantitative di sistemi interagenti, per garantire riconfigurazioni dinamiche, e supportare processi decisionali anche in presenza di obiettivi conflittuali.

#### **Affidabilità**

La correttezza formale e le garanzie di sicurezza giocheranno un ruolo importante nel migliorare la fiducia degli utenti nei sistemi sviluppati. Verranno studiate le tecniche e gli strumenti necessari a garantire proprietà funzionali, come la safety e il progresso a livello globale, e la prevenzione da utilizzi anomali da parte di esterni o di addetti ai lavori. Saranno definite, ad un appropriato livello di astrazione, primitive linguistiche e modelli quantitativi per la gestione del controllo degli accessi, l'affidabilità e la privacy. Verranno previste metodologie dipendenti dal dominio, basate sia su tecniche statiche che dinamiche, per garantire correttezza globale.

#### **Validazione**

Per dotare il progetto di un contesto di applicazioni realistiche, un considerevole impegno sarà dedicato al lavoro sui casi di studio, i quali coprono un'ampia gamma di sfide poste dal programma Horizon 2020. Lo scopo dei casi di studio è quello di alimentare e mettere alla prova la ricerca fondamentale sui modelli, assistere la progettazione delle nostre astrazioni per la programmazione, aiutare a strutturare e a mettere a punto le differenti tecniche per la modellazione e l'analisi qualitativa e quantitativa durante tutta la durata del progetto, e fornire la base per il futuro utilizzo dei risultati del progetto in altri contesti.

## **10 - Obiettivi finali che il Progetto si propone di raggiungere**

Il calcolo distribuito è diventato una tecnologia onnipresente, soprattutto grazie all'infrastruttura della rete globale. Questo fenomeno è destinato ad aumentare: i sistemi open-ended, eterogenei, altamente paralleli, distribuiti, saranno formati da milioni di nodi con interazioni e comportamenti complessi. In più, le singole componenti potranno avere autonomia in termini di proprietà, obiettivi e procedure decisionali, e la loro interazione potrà portare a situazioni di emergenza per comportamenti nuovi o inaspettati.

Esempi particolarmente significativi in questo senso sono i sistemi di cloud computing, le reti elettriche, i sistemi di swarm intelligence, i modelli per la gestione delle emergenze. La sfida centrale che questi sistemi pongono è quella di ottenere un coordinamento decentralizzato di sistemi distribuiti, agenti, processi, computer, "cose" ..., che garantisca che i comportamenti attesi si verifichino effettivamente, che i servizi siano offerti in accordo con la qualità pattuita, che comportamenti inaspettati o attacchi alla sicurezza siano fronteggiati adeguatamente. Inoltre, le proprietà e i vincoli non dovrebbero avere un significato rigido ("è corretto o no") ma piuttosto una natura meno assoluta (nel 99.7% dei casi la correttezza è garantita).

Questo progetto si pone come obiettivo la formalizzazione dei concetti e comportamenti sopra delineati. Ci proponiamo di sviluppare un insieme coerente e integrato di linguaggi, metodi e strumenti per la costruzione di sistemi che possano operare nel contesto di ambienti open-ended e in evoluzione, adattandosi a mutate condizioni o requisiti, e che si comportino in modo affidabile e predicibile reagendo efficacemente a malfunzionamenti e attacchi.

### **1. Linguaggi per il Coordinamento e l'Autonomia**

Intendiamo progettare e implementare linguaggi di programmazione e di specifica che offrano la possibilità di integrare descrizione comportamentale e gestione della conoscenza, dotati di primitive linguistiche specifiche per concetti chiave come conoscenza, comportamento, aggregazione e interazione. Tali linguaggi saranno basati su una solida teoria matematica (per esempio, modelli multi-agenti o calcoli di processi) che permetterà la definizione di un framework generale per lo sviluppo, la verifica e l'analisi dei sistemi visti sopra. Ci proponiamo di progettare, analizzare e implementare sistemi di tipo comportamentali in grado di garantire la flessibilità e dinamicità propria dei sistemi autonomi e auto-adattivi. Considereremo tipi comportamentali, polimorfi, dipendenti, e modali per un ampio spettro di scenari applicativi, anche combinando tecniche di controllo di tipo statiche e dinamiche.

### **2. Modelli per Interazioni di Lungo Periodo Affidabili**

Il modello che ci proponiamo di definire aderirà allo schema NCE, che include le seguenti tre fasi: negoziazione, commit ed esecuzione. I partecipanti negoziano il loro comportamento e, se raggiungono un accordo, eseguono il commit e iniziano l'esecuzione conformemente ai diritti e doveri assegnati. Utilizzeremo i tipi per specificare i protocolli di negoziazione dei partecipanti, e studieremo la verifica automatica della conformità ai protocolli. Per gestire eventi inaspettati o deviazioni dal protocollo prescritto, considereremo tecniche basate sia sulla reversibilità (che permette di tornare in uno stato precedente corretto), sia su compensazioni (che rimedino in qualche modo all'effetto delle transazioni abortite).

### **3. Modelli per l'Adattività Globale e Locale**

Definiremo modelli generali per l'adattività strutturati in categorie concettuali, incluse le architetture black-box, white-box e riflessive. Studieremo tali modelli congiuntamente a pattern adattivi a livello di sistema che emergano dai cambiamenti locali a livello di componente. I modelli si baseranno sull'integrazione di tecniche di programmazione dichiarative e procedurali e su teorie generali di propagazione della conoscenza (da locale a globale) e astrazione multilivello. Definiremo algoritmi di proiezione che derivino automaticamente le descrizioni delle componenti a partire dalle specifiche globali, e che calcolino il comportamento collettivo emergente a partire dai modelli delle entità autonome. Per garantire una gestione appropriata delle risorse disponibili, considereremo anche la possibilità di introdurre dei middleware per il networking resource-aware e per garantire la correttezza, invece, ci proponiamo di studiare tecniche di verifica simboliche per sistemi open-ended.

### **4. Modelli e Logiche per la Valutazione Quantitativa**

Per trattare forme di conoscenza non sicure e parziali, studieremo estensioni quantitative di modelli, linguaggi e logiche che permettano di considerare quantità come probabilità di eventi e "rate" di esecuzione nel contesto di sistemi altamente dinamici e riconfigurabili. Affronteremo anche l'analisi dei modelli risultanti, in modo che gli indici di prestazione rilevanti possano essere calcolati in modo algoritmico. In particolare, ci proponiamo di considerare, estendere e confrontare due approcci alternativi/complementari alla modellazione e all'analisi quantitativa: quello operativo (basato sugli automi estesi) e quello dichiarativo (basato sui tipi comportamentali). Definiremo modelli generali basati su automi e una semantica osservazionale che consenta l'inclusione di comportamenti non deterministici, probabilistici e stocastici, e loro combinazioni, per sviluppare framework altamente espressivi per modellare descrizioni sia qualitative che quantitative di sistemi interagenti. Estenderemo i tipi comportamentali con informazioni quantitative relative a opzioni alternative, e svilupperemo tecniche e strumenti per consentire la riconfigurazione dinamica del sistema e la presenza di obiettivi di gestione contraddittori, mantenendo la validità dei requisiti dell'intero sistema.

### **5. Strumenti e Metodi**

L'affidabilità di un sistema implica due proprietà principali: correttezza e sicurezza. Ci concentreremo su aspetti specifici di tali proprietà, ossia: safety e liveness relativamente alla correttezza funzionale; affidabilità, integrità e privacy relativamente alla sicurezza. Più in dettaglio, proporremo modelli per l'analisi quantitativa della privacy dei dati e delle identità, e svilupperemo tecniche per misurare l'affidabilità e per riacordare requisiti contrastanti come trust e anonymity. Inoltre, facendo ricorso a tecniche per la sicurezza basate sui linguaggi, definiremo politiche flessibili per un controllo degli accessi, utilizzando meccanismi di tracing dei comportamenti passati per determinare il livello di fiducia dei partner. Per quel che riguarda la correttezza globale, ci affidaremo ad una pluralità di approcci, a seconda del dominio applicativo di interesse. Il risultato complessivo sarà la definizione di un framework che integri tecniche statiche (teorie di tipo), dinamiche (esecuzione simbolica e model checking) e run time (monitoraggio).

### **6. Casi di Studio**

Per dotare il progetto di un contesto di applicazioni reali, investiremo uno sforzo considerevole nel lavoro sui casi di studio. Tali casi di studio costituiranno l'alimento e la sfida per la ricerca fondamentale sui modelli, ci assisteranno nel design delle nostre astrazioni di programmazione, saranno utili per strutturare e raffinare le diverse tecniche per la modellazione e l'analisi qualitativa e quantitativa per tutta la durata del progetto. Infine, forniranno la base per la ricaduta futura dei risultati del progetto. I casi di studio saranno focalizzati su poche, ben identificate, problematiche di Horizon 2020, allo scopo di dimostrare il contributo e l'impatto del progetto sullo sviluppo di piattaforme efficaci e completamente affidabili per sistemi di supporto al traffico e al trasporto ecologico, per la fornitura di servizi "citizen-centric" e per la gestione dell'emergenza.

## 11 - Stato dell'arte

La composizionalità ed il *divide et impera* sono concetti fondamentali in scienze e ingegneria: sistemi critici complessi, di grandi dimensioni, possono essere gestiti solo dopo averli suddivisi in parti per poi riassembliarli quando necessario. Spesso, l'*astrazione* è fondamentale: quando si studia un fenomeno naturale, i dettagli del modello dipendono dalla sua finalità, e muoversi da un livello di astrazione ad un altro è una questione cruciale.

In informatica, composizionalità e astrazione sono particolarmente importanti per la manutenzione e il riuso: un componente dovrebbe dipendere il meno possibile dai dettagli applicativi e da altri componenti, per potersi riconfigurare facilmente. Il riuso è una proprietà essenziale sia per l'hardware che per il software, sia in termini di costi di produzione e di manutenzione che di diffusione e sicurezza. La programmazione orientata agli oggetti è stato un risultato fondamentale per incapsulare dettagli implementativi. Più di recente, l'architettura model-driven ha promosso l'uso di composizionalità e astrazione dal livello di programmazione ai livelli intermedi di requisiti, specifica e progettazione. Pertanto, l'analisi funzionale e quantitativa di un sistema può essere effettuata su una pluralità di modelli, coprendo aspetti chiave e rendendo le fasi di programmazione più semplici, e in qualche misura automatiche. Oltre alla riusabilità, questo garantisce l'indipendenza dalla piattaforma e la possibilità di scoprire difetti di progettazione nelle fasi iniziali dello sviluppo.

All'interno di questi approcci, l'analisi e la progettazione spesso si avvantaggiano di modelli ben studiati, come modelli di dati concettuali, sistemi di transizione etichettati, reti di Petri, message sequence charts. In altri casi si basano su teorie matematiche, come i processi di Markov, le algebre lineari, le equazioni differenziali ordinarie, la programmazione matematica. Tuttavia nella maggior parte dei casi composizionalità ed astrazione, insieme a di computabilità e efficienza computazionale, hanno richiesto una riconsiderazione dei vari modelli e delle loro applicazioni.

I modelli attualmente utilizzati nella pratica sono molto diversi in base a: (i) dominio di applicazione, (ii) periodo storico in cui sono stati introdotti, (iii) grado di sincronia/asincronia nel comportamento, (iv) criteri di correttezza da soddisfare, e (v) flessibilità nella vita dei sistemi. Esaminiamo qui tre scenari: sistemi centralizzati (CS), architetture orientate ai servizi (SOA), sistemi autonomici e reti sociali (AS). Nel progetto ci concentriamo principalmente su questioni di particolare rilievo per SOA e AS, ma tutti e tre sono attuali e di interesse.

I sistemi centralizzati incarnano la forma più localizzata. Esempi sono centri di calcolo dedicati, che supportano installazioni critiche e strategiche, o centri dati fortemente protetti, ma anche microcontrollori o processori di segnali digitali all'interno di sistemi più grandi. Dopo le applicazioni militari e Apollo negli anni sessanta, questo tipo di CS si diffuse con la caduta dei prezzi dei microprocessori. Essi sono ubiqui e il loro numero è in continua crescita. Essi contribuiscono all'impressione che i computer stiano scomparendo. Spesso sono sincroni e temporizzati, e la concorrenza è gestita da uno scheduler che sfrutta il parallelismo possibile. Sono CS anche la comunicazione via internet, come anticipato dalla cosiddetta *internet delle cose*. Dal punto di vista della composizione, sono solitamente rappresentati come reti di automi a stati finiti che interagiscono tramite connettori, e verificati tramite model checking di proprietà logiche. Un problema in questi casi è l'esplosione degli stati, che viene gestita tramite BDDs, restrizioni dipendenti da contesto o su priorità, o metodi probabilistici. Alle reti di connettori con buone proprietà algebriche in termini di rappresentazioni canoniche, sintesi di algoritmi e semantica osservazionale astratta è stata dedicata molta attenzione [Arb04,BLM06,BS10]. L'evoluzione di questi CS nel loro ciclo di vita di solito è piuttosto limitata: il loro comportamento è verificato staticamente e non cambia mai.

Le architetture software orientate ai servizi mirano a stabilire connessioni dinamiche sul web tra applicazioni eterogenee, in genere all'interno di un business process [CPPR10]. L'accento è posto su aspetti di flessibilità, negoziazione, accordi di servizio, gestione di processi, sessioni condivise con funzionalità garantita e proprietà di qualità del servizio. Sono cruciale anche aspetti di sicurezza, come servizi affidabili che offrano garanzie di autenticazione e autorizzazione [BCEM11], fiducia nel loro comportamento [XL04] e protezione contro il rilascio accidentale di dati sensibili [CR07]. I SOA sono stati introdotti con applicazioni semplici orientate alle basi di dati, ma ben presto molti prodotti software sono stati offerti come servizi, e ora altre risorse del computer sono offerte sul web come cloud virtualizzati. Il comportamento è essenzialmente asincrono, ma i contratti hanno un carattere transazionale. La composizionalità, nel senso di discovery, binding, negoziazione di servizi avviene in fase di esecuzione. La composizione di servizi può essere gerarchica, con diversi connettori per le relazioni coi nodi genitore e fratelli [BGL10]. Quando possibile, la natura modulare e gerarchica di tali sistemi è sfruttata anche nella fase di analisi [BHM10]. Le reti ad hoc sono un altro esempio di sistemi altamente dinamici. Essi consistono di collezioni di host che comunicano mediante messaggi in broadcast secondo protocolli che lavorano indipendentemente dalle specifiche configurazioni di rete.

Nei sistemi autonomici si hanno ancora risorse di calcolo distribuite, ma diventano importanti caratteristiche self-\* come auto-configurazione, riparazione, ottimizzazione e protezione per adattare i sistemi a variazioni del contesto o delle situazioni. Le caratteristiche auto-\* includono auto-configurazione, riparazione, ottimizzazione e protezione. Le architetture autonomiche includono funzionalità di rilevamento, control-loop, e capacità di ragionamento goal-oriented. La *black box autonomy* riguarda la capacità di adattarsi sfruttando solo proprie risorse, mentre la *white box autonomy* [BCGLV12] consente l'intervento di agenti esterni. A causa delle azioni che modificano il comportamento, la composizionalità è ora più complessa. Particolarmente interessante è il caso di sistemi autonomici costituiti da un gran numero di agenti simili, swarm, che offrono un comportamento *emergente* complesso, mentre da soli hanno un comportamento semplice. Astrarre comportamento e conoscenza emergenti da una grande quantità di dati che descrivono il comportamento locale è molto importante quando si analizzano diversi aspetti delle reti sociali. Combinare i comportamenti autonomici e gli swarm solleva una serie di domande interessanti sulla diffusione della conoscenza tra vicini e circa la consapevolezza del comportamento locale e globale degli agenti [AMHB04,ZV11]. Diversi lavori sui sistemi complessi propongono un approccio multi-livello per affrontare la questione dei comportamenti emergenti per poter osservare i sistemi a un livello "superiore" rispetto al livello base in cui i componenti interagiscono. Questo approccio è stato anche concepito per sistemi software [CIW2006].

Le esigenze di composizione e astrazione dei tre scenari di cui sopra sono diverse e potrebbero richiedere approcci molto diversi. Tuttavia, è importante stabilire dei fondamenti trasversali, comuni che cerchino di unificare i fenomeni per quanto possibile, al fine di fattorizzare concetti, risultati e strumenti. Così, ci concentreremo su alcune teorie che sono sia ben comprese sia promettenti in molti contesti applicativi.

Una prima opzione è data dalle *algebre di processo* [BPS01]. La composizionalità è incorporata nella struttura algebrica e l'astrazione si basa su equivalenze comportamentali. Tra i molti calcoli di processi per SOA abbiamo [CDPV11,PT12], altre estensioni hanno a che fare con aspetti relativi alla probabilità e alla nozione di tempo, anche in combinazione con non-determinismo [BPS01]. Diversi linguaggi di specifica [ABC10,BDHK06,DKLLM07] sono stati introdotti per migliorare le capacità di modellare sistemi che presentano un comportamento stocastico. Al tempo stesso, vari strumenti formali principalmente basati su logiche stocastiche temporali sono stati sviluppati per affrontare proprietà quantitative [DHS09,CHKM11]. Estensioni sono state ideate per coprire anche aspetti quantitativi di sicurezza come il controllo degli accessi [MPT12], e la misura di information leakage [AB07,CHM01,Bor09]. Un altro aspetto riguardante la sicurezza dei business processes è mantenere privati i loro dati sensibili. Questo è trattato definendo processi astratti che nascondono informazioni private. Saranno anche usate tecniche per ragionare su componenti che agiscono in un ambiente parzialmente specificato [BBB07] e saranno studiati modelli e linguaggi che considerano la riconfigurazione l'uso delle risorse, interagire con una conoscenza dichiarativa.

Un'altra opzione che studieremo e applicheremo ai nostri scenari è la *teoria dei tipi*: si tratta di strumenti di supporto alla verifica espressiva ma computazionalmente trattabile che considera aspetti comportamentali e modali [KS11], e garantisce interazioni sicure. In questo campo, [BCDGV08] mostra come i tipi sessione possono essere integrati in linguaggi orientati agli oggetti, e [AL09] come l'analisi statica dei tipi possa essere combinata con l'esecuzione simbolica e la tecnologia dei compilatori. Studieremo e svilupperemo sistemi di tipo espressivi in grado di gestire livelli più alti di apertura e dinamicità dei sistemi autonomici, introducendo, come in [DGZ11], combinazioni di strategie (statiche/ dinamiche) di controllo dei tipi. Per quanto riguarda gli approcci dichiarativi alla rappresentazione della conoscenza, prevediamo di basarci su [CGMS06] per progettare un sistema di tipi statico per un linguaggio di interrogazione su grafi, calibrato su SPARQL [PS08].

Una terza opzione è la *teoria dei vincoli*: i vincoli possono rappresentare la qualità del servizio e proprietà comportamentali [BMRS10]. Nozioni generali di propagazione di vincoli possono modellare l'evoluzione da locale a globale del comportamento emergente e la proiezione all'indietro [CDP11]. Estenderemo i sistemi di vincoli per descrivere la rappresentazione della conoscenza e per fruttarla per modellare cicli di controllo in sistemi autonomici.

Per finire, dedicheremo alcuni sforzi all'integrazione delle suddette tre opzioni per combinare e migliorare le loro caratteristiche. In particolare, ci proponiamo di tradurre tipi in vincoli e sviluppare algebre di processo su misura per la loro manipolazione, seguendo la linea di [BCDM12].

### RIFERIMENTI

[AB07] A. Aldini, M. Bernardo. A Formal Approach to the Integrated Analysis of Security and QoS. Reliability Engineering and System Safety 92:1503-1520, 2007.

[ABC10] A. Aldini, M. Bernardo, F. Corradini. A Process Algebraic Approach to Software Architecture Design. Springer, 2010.

[AL09] D. Ancona, G. Lagorio. Coinductive type systems for object-oriented languages. ECOOP'09, LNCS 5653, 2-26, 2009.

- [AMHB04] D. Ancona, V. Mascardi, J.F. Hubner, R. H. Bordini. Coo-AgentSpeak: Cooperation in AgentSpeak through Plan Exchange. AAMAS'04, 696-705, 2004.
- [Arb04] F. Arbab. Reo: a channel-based coordination model for component composition. MSCS, 14(3):329-366, 2004.
- [BBB07] P. Baldan, R. Bruni, A. Bracciali. A Semantic Framework for Open Processes. TCS. 389(3): 446-483, 2007.
- [BCDGV08] L. Bettini, S. Capecchi, M. Dezani, E. Giachino, B. Venneri. Session and Union Types for Object Oriented Programming. Concurrency, Graphs and Models, LNCS 5065, 659-680, 2008.
- [BCDM12] M.G. Buscemi, M. Coppo, M. Dezani and U. Montanari. Constraints for Service Contracts. TGC'11, LNCS 7173,104-120, 2012.
- [BCEM11] M. Bugliesi, S. Calzavara, F. Eigner, M. Maffei. Resource-Aware Authorization Policies for Statically Typed Cryptographic Protocols. CSF11, 83-98, IEEE, 2011.
- [BCGLV12] R. Bruni, A. Corradini, F. Gadducci, A. Lluch Lafuente, A. Vandin. A Conceptual Framework for Adaptation. FASE'12, LNCS 7212, 240-254, 2012.
- [BDHK06] H. Bohnenkamp, P.R. D'Argenio, H. Hermanns, J.-P. Katoen. Modest: A Compositional Modeling Formalism for Hard and Softly Timed Systems. IEEE TSE 32:812-830, 2006.
- [BGL10] R. Bruni, F. Gadducci, A. Lluch-Lafuente. An Algebra of Hierarchical Graphs and its Application to Structural Encoding. Scientific Annals of Comp. Sci. 20:53-96, 2010.
- [BHM10] S. Balsamo, P. G. Harrison, A. Marin. A unifying approach to product-forms in networks with finite capacity constraints, SIGMETRICS 38(1), 25-36, 2010.
- [BLM06] R. Bruni, I. Lanese, U. Montanari. A basic algebra of stateless connectors. TCS 366(1-2):98-120, 2006.
- [BMRS10] S. Bistarelli, U. Montanari, F. Rossi, F. Santini. Unicast and Multicast QoS Routing with Soft Constraint Logic Programming. ACM TOCL, 12(1):5.1-5.48, 2010.
- [Bor09] M. Boreale. Quantifying information leakage in process calculi. InfandCo, 207(6):699-725, 2009.
- [BPS01] J.A. Bergstra, A. Ponse, S.A. Smolka editors. Handbook of Process Algebra, Elsevier, 2001.
- [BS10] S. Bliudze, J. Sifakis. Causal semantics for the algebra of connectors. FMSD, 36(2):167-194, 2010.
- [CDP11] G. Castagna, M. Dezani, L. Padovani. On Global Types and Multi-party Sessions. FMOODS/FORTE'11, LNCS 6722, 1-28, 2011.
- [CDPV11] L. Caires, R. De Nicola, R. Pugliese, V.T. Vasconcelos, G. Zavattaro. Core Calculi for Service-Oriented Computing. LNCS 6582, 153-188, 2011.
- [CGMS06] D. Colazzo, G. Ghelli, P. Manghi, C. Sartiani. Static analysis for path correctness of XML queries. JFP 16(4-5):621-661, 2006.
- [CHKM11] T. Chen, T. Han, J.-P. Katoen, A. Mereacre. Model Checking of Continuous-Time Markov Chains Against Timed Automata Specifications. LMCS 7(1-2):1-34, 2011.
- [CHM01] D. Clark, S. Hunt, P. Malacaria. Quantitative Analysis of the Leakage of Confidential Data. ENTCS 59(3):238-251, 2001.
- [CIW11] F. Corradini, P. Inverardi, A. Wolf. On relating functional specifications to architectural specifications: a case study. SCP 59(3):171-208, 2006.
- [CPR10] F. Corradini, A. Polini, A. Polzonetti, B. Re. Business Processes Verification for e-Government Service Delivery. IS Manag. 27(4):293-308, 2010.
- [CR07] S. Crafa, S. Rossi. Controlling information release in the pi-calculus. InfoandCoC 205(8): 1235-1273, 2007.
- [DGZ11] M. Dezani, P. Giannini, E. Zucca. Extending the lambda-calculus with unbind and rebind. RAIRO 45(1):143-162, 2011.
- [DHS09] S. Donatelli, S. Haddad, J. Sproston. Model Checking Timed and Stochastic Properties with CSLTA. IEEE TSE 35(2):224-240, 2009.
- [DKLLM07] R. De Nicola, J.-P. Katoen, D. Latella, M. Loreti, M. Massink. Model checking mobile stochastic logic. Theor. Comput. Sci. 382(1):42-70, 2007.
- [KS11] N. Kobayashi, D. Sangiorgi. A hybrid type system for lock-freedom of mobile processes. ACM TOPLAS 32:1-59, 2011.
- [MPT12] M. Masi, R. Pugliese, F. Tiezzi. Formalisation and Implementation of the XACML Access Control Mechanism. ESSoS 2012.
- [PS08] E. Prudhommeaux and A. Seaborne, SPARQL Query Language for RDF. W3C Recommendation, 2008.
- [PT12] R. Pugliese, F. Tiezzi. A Calculus for Orchestration of Web Services. Journal of Applied Logic, 10(1):2-31, 2012.
- [XL04] L. Xiong, L. Liu. PeerTrust: Supporting reputation-based trust for peer-to-peer electronic communities. IEEE TKDE, 16(7):843-857, 2004.
- [ZV11] F. Zambonelli, M. Viroli. A survey on nature-inspired metaphors for pervasive service ecosystems. JPCC 3:186-204, 2011.

## 12 - Articolazione del Progetto e tempi di realizzazione

Il progetto sarà strutturato in sei Work Package che, a loro volta, conterranno task più specifici. Alcuni dei task proposti sfrutteranno i risultati ottenuti in alcuni progetti Eu in corso in cui sono coinvolte alcune delle unità. I nomi dei sei Work Package sono riportati sotto insieme al nome dell'unità che ne coordinerà l'attività:

- \* WP1: Autonomia: Adattività e Self-Awareness (UNIGE)
- \* WP1: Negoziazione: Transazioni, Reversibilità e Compensazioni (UNIBO)
- \* WP1: Glocality: Riconciliare Visione Locale e Globale (UNIPI)
- \* WP1: Performability: valutare per decidere (IMT)
- \* WP1: Affidabilità: Correttezza e Sicurezza (UNIFI)
- \* WP1: Validazione: Casi di Studio (UNIVE)

Lo sviluppo del progetto sarà organizzato in tre fasi, corrispondenti ai tre anni della sua durata.

Avremo un meeting iniziale del progetto al mese 1 e metteremo on-line il sito web del progetto al mese 2. Quindi, per ogni fase/anno, avremo un check point interno al mese 6 e un workshop del progetto al mese 12. Nel meeting iniziale sarà discusso lo stato dell'arte e sarà nominato un Advisory Board composto da esperti internazionali. Al momento dei check point interni si terranno dei meeting tra i responsabili dei WP per verificare che le attività di ricerca procedano come previsto. Nei workshop del progetto presenteremo e confronteremo i risultati ottenuti in presenza dell'Advisory Board.

Anche se i WP 1-5 si focalizzano su aspetti fondamentali e ortogonali dei sistemi di interesse, la relazione tra loro è molto forte. La base fondazionale di questi WP è la stessa, appoggiandosi su calcoli di processo per modellare e progettare i costrutti di programmazione, i sistemi di tipi e le tecniche operazionali per l'analisi, i contratti per ragionare sui dialoghi di interazione. Perciò il successo di un costrutto o di una tecnica proposta all'interno di un certo task sarà misurata anche in base

alla possibilità di applicarlo/a alle problematiche esaminate in task di altri WP ad esso collegati.

Di seguito forniamo una descrizione delle attività all'interno di ciascun WP, strutturato al suo interno in termini di specifici task.

#### **WP1: Autonomicità: Adattività e Self-Awareness**

Si studieranno i fondamenti dei sistemi autonomici e auto-adattivi e la progettazione e l'implementazione prototipale di linguaggi e strumenti di programmazione/specifica, i quali costituiranno un framework generale per lo sviluppo, il testing e l'analisi di tali sistemi. Le attività in questo Work Package saranno organizzate intorno a tre temi principali, cioè Modelli, Linguaggi e Tipi, dettagliati come segue.

##### *T1.1: Modelli*

Svilupperemo una teoria di adattività basata su architetture riflessive, valutando l'impatto di "stream feedback patterns" su queste nozioni. Saranno sviluppati e analizzati diversi modelli di sistemi adattivi con una varietà di pattern di dipendenza tra modifiche locali a livello e adattamento a livello del sistema globale. Per esempio, l'adattamento potrebbe essere innescato da una modifica di una descrizione (coreografica) meta-livello del sistema, che causerebbe un rimpiazzamento o una modifica delle componenti influenzate.

##### *T1.2: Linguaggi*

Investigheremo gli aspetti fondazionali dei modelli di computazione ad agenti per sistemi autonomici e proseguiamo con lo sviluppo e l'implementazione di due linguaggi simpAL e SCEL, basati sul paradigma ad agenti e sui calcoli di processi, rispettivamente. Tali linguaggi supporteranno il ragionamento formale sui comportamenti di tali sistemi, e offriranno astrazioni per rappresentare direttamente aggregazioni, comportamenti e conoscenza. Saranno anche proposte e valutate logiche e primitive linguistiche per modellare variabilità, evolvibilità ed adattabilità nella progettazione di famiglie di prodotti software.

##### *T1.3: Tipi*

Saranno studiati e sviluppati sistemi di tipo in grado di trattare trasparenza e dinamicità dei sistemi autonomici. Saranno considerati tipi comportamentali e modali per l'interazione adattabile dinamicamente. Le modalità saranno usate per annotare codice aperto, e per rappresentare le richieste a run-time dell'ambiente. Si prenderanno in considerazione ulteriori tipologie di sistemi di tipi considerando anche tecniche miste di type checking statico e dinamico.

#### **WP2: Negoziazione: Transazioni, Reversibilità e Compensazioni**

Per trattare eventi inattesi e deviazioni dai comportamenti previsti svilupperemo un modello di interazione che aderisca allo schema Negotiate, Commit, Execute (NCE) e useremo tecniche basate sulla reversibilità, che consente al sistema di ritornare ad uno stato passato corretto, e tecniche basate sulle compensazioni, per rimediare a transazioni abortite. Useremo sistemi di tipi per specificare i protocolli di negoziazione e supportare la verifica automatica.

##### *T2.1: Negotiate, Commit, Execute*

Studieremo modelli per lo schema NCE: negotiate, commit, execute, il punto di partenza per la fase di negoziazione sarà basata su vincoli. Sperimentiamo la possibilità di vedere i vincoli come tipi e gli applicheremo le tecniche sviluppate per i sistemi di tipi. In generale, cercheremo rappresentazioni opportune per contratti e vincoli e primitive appropriate per manipolarli.

##### *T2.2: Transazioni di Lunga Durata*

Svilupperemo un framework coerente per la specifica, verifica e analisi di transazioni di lunga durata e studieremo long running transactions in cui lo scope della transazione non sia definito staticamente, ma determinato dinamicamente dalle effettive interazioni. Questo consente di modellare sistemi in cui i componenti sono guidati dai loro goal e non seguono uno schema predefinito.

##### *T2.3: Reversibilità e Fault-Recovery*

Studieremo meccanismi di fault-recovery basati sulla reversibilità. In particolare, considereremo equivalenze comportamentali per sistemi reversibili che consentano di confrontare diversi schemi di reversibilità. Analizzeremo anche meccanismi per controllare la reversibilità, specificando quando e fino a dove l'esecuzione debba essere invertita. Infine, combineremo reversibilità e compensazioni, per tener traccia di errori passati.

##### *T2.4: Contratti e Compliance*

Studieremo tipi per sessioni e contratti. Questo include tecniche e strumenti per garantire varie proprietà comportamentali, e l'integrazione dei tipi sessione nei linguaggi multi-agente, dove nozioni di sottotipaggio saranno usate per consentire agli agenti di verificare le intenzioni dei loro partner nelle comunicazioni.

#### **WP3: Glocality: Collegare il Punto di Vista Globale e Locale**

Saranno considerate problematiche legate alla progettazione e analisi di sistemi adattivi collettivi e dei loro comportamenti emergenti. Definiremo principi e linee guida basate su modelli generali di adattività per definire algoritmi per derivare automaticamente le descrizioni dei componenti partendo dalla specifica globale e per calcolare il comportamento collettivo emergente partendo dai modelli delle singole entità.

##### *T3.1: Descrizioni Globali*

Studieremo la descrizione delle attività globali dei sistemi tramite contratti basati su vincoli, linguaggi coreografici e tipi globali. Svilupperemo tecniche per trattare sistemi in cui i partecipanti possano entrare e uscire e generalizzeremo la nozione di tipo globale per considerare mutue dipendenze. Inoltre considereremo la proiezione da specifiche globali a descrizioni locali, cioè da coreografie (che descrivono il comportamento globale atteso del sistema) a orchestrazioni (che descrivono i componenti del sistema).

##### *T3.2: Comportamenti Emergenti*

Studieremo tecniche per programmare singoli componenti tramite le quali il comportamento risultante di un insieme denso di essi possa essere spiegato in termini di astrazioni spazio-temporali. Questo farà luce sui collegamenti tra il codice dei singoli componenti e i pattern globali emergenti. L'attività relativa ai comportamenti emergenti si baserà sulla propagazione di vincoli e su operatori di chiusura, tenendo in considerazione probabilità e scelte.

##### *T3.3: Middleware Resource-Aware*

Sfrutteremo e miglioreremo modelli operazionali di connettori dinamici basati su Reo, BIP, reti di Petri e Tile model e introdurremo anche opportune estensioni di calcoli di processi in cui l'infrastruttura di comunicazione è esplicita e programmabile. La teoria delle categorie sarà utile per rappresentare modelli resource-aware in termini di opportuni pre-sheaves, separando la rappresentazione delle risorse dalla loro manipolazione.

##### *T3.4: Sistemi Aperti*

L'attività che riguarda i sistemi aperti sfrutterà le algebre di processi, la semantica simbolica e le logiche modali, opportunamente estese per trattare sistemi che non sono completamente noti e sono solo parzialmente specificati. Questo renderà possibile lo studio di proprietà computazionali e metodi di verifica in situazioni in cui i singoli processi hanno solo una conoscenza parziale dell'intero sistema.

#### **WP4: Performability: Valutare per Decidere**

Si studieranno modelli stocastici e tecniche di analisi quantitativa per trattare incertezza e conoscenza parziale. Investigheremo estensioni quantitative di modelli, linguaggi, e logiche che permettono di considerare quantità come la probabilità di eventi e velocità (rate) di esecuzione. Svilupperemo, perciò, dei framework espressivi per la modellazione qualitativa e quantitativa di sistemi che ci consentiranno di stabilire proprietà funzionali e non, di supportare la riconfigurazione dinamica, e di trattare obiettivi conflittuali.

##### *T4.1: Modelli unificanti per sistemi quantitativi e non-deterministici*

Si pianifica di definire una estensione dei sistemi di transizione etichettati che comprenda processi non-deterministici, processi probabilistici, processi stocastici, e loro combinazioni. Il modello unificato risultante sarà utilizzato per fornire definizioni generali delle equivalenze comportamentali (bisimulazione, testing, a tracce) e per studiare le loro proprietà generali.

##### *T4.2: Rivisitazione di formalismi quantitativi*

Intendiamo rivisitare i formalismi quantitative esistenti, come le Reti di Petri stocastiche e le algebre di processi stocastiche, per modellare in modo compatto e modulare sistemi autonomici. Inoltre affronteremo il problema della specifica di nuove strutture di reward e logiche temporali stocastiche per metodologie più efficaci per il calcolo di indici quantitativi.

##### *T4.3: Tipi quantitativi e supporto all'adattamento*

Estenderemo i tipi comportamentali con informazioni quantitative sulle opzioni alternative svilupperemo tecniche e strumenti, basati sul model checking stocastico e su strategie spaziali per il self-learning, in modo da supportare la riconfigurazione dinamica di sistemi e la gestione di obiettivi conflittuali garantendo allo stesso

tempo il soddisfacimento dei requisiti posti sull'intero sistema.

#### *T4.4: Efficienza del Business Process*

Svilupperemo tecniche di analisi formale e strumenti prototipo per monitorare e valutare i business process installati come servizi della pubblica amministrazione. Inoltre, investigheremo estensioni quantitative delle descrizioni coreografiche e orchestrazionali basate su contratti, e le relative nozioni di proiezione, conformance e raffinamento.

#### **WP5: Affidabilità: Correttezza e Sicurezza**

Per acquisire confidenza nei sistemi sviluppati, considereremo sia la correttezza formale che le garanzie di sicurezza. Proporremo primitive linguistiche e modelli quantitativi per gestire il controllo degli accessi, il trust e la privacy ad un appropriato livello di astrazione e considereremo una varietà di tecniche per la verifica di correttezza.

#### *T5.1: Fondamenti di privacy, trust e controllo degli accessi*

Nei sistemi aperti dove le infrastrutture di sicurezza (PKI e simili) possono non essere disponibili, la sola forma di trust possibile è quella che si basa su forme di reputazione, calcolate sul comportamento passato. Definiremo un solido framework fondazionale per il calcolo del trust ed utilizzeremo tecniche di information flow quantitativo per valutare il tradeoff fra requisiti apparentemente conflittuali, come la privacy/anonymity e il trust.

#### *T5.2: Programmare astrazioni per privacy e trust in sistemi di autorizzazione*

Proporremo astrazioni linguistiche basate su tipi per authorization, privacy e trust. Le astrazioni supporteranno la raccolta di informazioni sui pattern di comportamento, con l'obiettivo di costruire gruppi di trust, e definire tecniche per la comunicazione distribuita che assicurano gradi soddisfacenti di anonimity. I linguaggi per esprimere meccanismi efficienti relativi a policy e processi decisionali (tipo XACML) giocheranno un ruolo importante.

#### *T5.3: Correttezza Globale*

Utilizzeremo diversi approcci per garantire correttezza globale, spaziando da tecniche statiche (tipi), a dinamiche (model-checking e esecuzione simbolica) e run-time (monitoring) per garantire le proprietà desiderate. Studieremo tecniche di analisi statica per proprietà locali e globali. Investigheremo tecniche per il monitoring ed il controllo a run-time di sistemi interconnessi altamente dinamici anche per variare a run-time comportamento e coordinamento.

#### **WP6: Validazione: Casi di Studio**

I seguenti casi di studio sono utilizzati per sperimentare ed integrare i risultati teorici e i metodi analitici forniti negli altri WPs, e rappresentano il contributo del progetto CINA agli obiettivi Horizon 2020 "Smart, green and integrated transport" e "Inclusive, Innovative and Secure Societies" per promuovere "smart mobility systems" e "innovation in order to foster efficient, open, and citizen-centric public service (eGovernment)".

#### *T6.1: Piattaforma Centrata sul Cittadino*

Questo task si basa su una piattaforma, sviluppata in Trentino, che cattura i sistemi esistenti sul territorio, li arricchisce per supportarne l'interoperabilità, e li riassume per fornire al cittadino servizi adattivi e contestualizzati. La piattaforma verrà utilizzata per sperimentare l'integrazione di sistemi che trattano diversi aspetti della vita quotidiana (salute, lavoro, trasporti, alloggio ...) e tipicamente sono frammentati, eterogenei e isolati. I linguaggi e modelli di WP1 permetteranno di studiare aspetti di adattività e composizionalità; i risultati di WP5 permetteranno di fornire servizi più robusti e affidabili.

#### *T6.2: Gestione delle Emergenze*

Questa attività si occupa della definizione di processi aziendali che coinvolgono diverse organizzazioni della PA per la gestione delle emergenze. Definiremo la logica decisionale e di coordinamento utilizzando paradigmi di orchestrazione e coreografia e meccanismi per valutare la loro coerenza e la capacità di adattamento ai continui cambiamenti dell'ambiente. L'attività utilizzerà la metodologia definita in T6.1.

#### *T6.3: Monitoraggio del traffico per un basso impatto ambientale*

I calcoli formali sviluppati negli altri WPs saranno usati per modellare i sistemi di gestione del traffico urbano e le relative tecniche analitiche deriveranno un insieme di indici di performance per misurare l'impatto ambientale, i.e. la distribuzione spaziale e la concentrazione delle polveri sottili PM10 e PM2.5. I risultati delle analisi saranno strumentali per ottenere sistemi basati su controllo coordinato e attuatori che realizzino una distribuzione del traffico ottimale rispetto ad alcuni criteri, i.e. minimizzazione delle emissioni acustiche o distribuzione uniforme dei particolati inquinanti.

#### **Dipendenze tra i task**

Nel seguito si fornisce una indicazione delle dipendenze temporali tra i diversi task.

T1.1 (7-30) - T1.2 (1-18) T1.3 (19-36)

T2.1 (1-24) - T2.2 (1-24) - T2.3 (13-36) - T2.4 (13-36)

T3.1 (1-30) - T3.2 (7-30) - T3.3 (1-24) - T3.4 (1-30)

T4.1 (1-18) - T4.2 (7-24) - T4.3 (19-36) - T4.4 (19-36)

T5.1 (7-30) - T5.2 (1-24) - T5.3 (13-36)

T6.1 (1-36) - T6.2 (19-36) - T6.3 (19-36)

## **13 - Ruolo di ciascuna unità operativa in funzione degli obiettivi previsti e relative modalità di integrazione e collaborazione**

Tutte le unità di CINA condividono una base di competenze piuttosto ampia. Questo è testimoniato dalle collaborazioni di lunga data tra i ricercatori provenienti da diverse unità che hanno portato a pubblicazioni scientifiche congiunte su temi molto legati agli argomenti del progetto. Ciò darà buone prospettive di collaborazione tra le diverse unità. Allo stesso tempo, il coinvolgimento delle unità è giustificato dalla loro competenze complementari su metodologie e tecniche diverse, che giocano un ruolo principale nel progetto, come illustrato di seguito. Ogni unità prenderà in considerazione i casi di studio scelti, o loro parti, per valutare l'impatto delle tecniche sviluppate e degli strumenti proposti.

#### **IMT**

IMT è un istituto di ricerca di recente costituzione con competenze sulla progettazione e l'analisi di sistemi concorrenti, distribuiti e mobili; su logiche e modelli stocastici e probabilistici ed i relativi strumenti per la verifica di proprietà; su contratti basati su processi astratti e vincoli; e su i sistemi adattivi ed orientati ai servizi. L'unità di IMT comprende anche ricercatori dell'Università di Urbino, con competenze specifiche in materia di modelli per l'analisi quantitativa. Il contributo di IMT ai differenti WP sarà:

\* WP1 (in collaborazione con ISTI, UNICAM, UNIFI and UNIPI): la definizione delle primitive linguistiche e delle metodologie per progettare sistemi autonomi, dove le componenti interagendo possono auto-adattarsi in risposta ai cambiamenti del contesto;

\* WP2 (in collaborazione con UNIPI and UNITO): lo sviluppo dello schema NCE e dei contratti basati su vincoli;

\* WP3 (in collaborazione con ISTI and UNIPI): la definizione di meccanismi utili per trattare la conoscenza distribuita che determina il comportamento emergente dei sistemi;

\* WP4 (in collaborazione con ISTI, UNIFI, UNITO and UNIVE): la definizione di modelli operazionali per descrivere la semantica di varianti quantitative di algebre di processo;

\* WP5 (in collaborazione con UNIFI, UNIPI and UNITO): lo sviluppo di un modello quantitativo per contrastare proprietà di trust e di privacy, così come la definizione di un framework per la gestione di trust e controllo degli accessi a livello linguistico.

IMT coordinerà i lavori del WP4.

#### **ISTI**

Il gruppo Formal Methods and Tools (FM&T) del CNR/ISTI ha comprovate competenze nel settore della progettazione e dell'uso di metodi formali, di logiche e linguaggi per la specifica e l'analisi del comportamento dei sistemi complessi e distribuiti, come global computer, e dei loro requisiti. Competenze specifiche sono state acquisite nel settore dei modelli semantici, delle notazioni e delle tecniche per la modellazione e l'analisi integrata degli aspetti qualitativi e quantitativi dei sistemi, la modellazione/analisi di variabilità, considerando anche scalabilità ed il comportamento emergente. Il ruolo di ISTI sarà principalmente legato ai seguenti obiettivi del progetto:

\* WP1 (in collaborazione con IMT, UNIFI and UNITO): studio di modelli e linguaggi di supporto alla progettazione di linee di prodotti software;

\* WP3 (in collaboration with IMT and UNIPI): sviluppo di tecniche per la modellazione e l'analisi di comportamenti emergenti di sistemi largamente popolati (livello



macroscopico) usando specifiche basate su algebre di processo (livello microscopico);

\* WP4 (in collaborazione with IMT, UNIFI, UNIPI, UNITO and UNIVE): definizione di modelli e logiche per la valutazione quantitativa e strumenti per la loro definizione uniforme;

\* WP6 (in collaborazione con tutte le unità): modellazione ed analisi di dinamiche di folle e sistemi per la gestione delle emergenze.

### **Bologna**

L'unità di Bologna (UNIBO) è nota a livello internazionale per le competenze su: modelli e linguaggi concorrenti con primitive per la mobilità e ed il coordinamento; agenti e sistemi multi-agente; equivalenze comportamentali, sistemi di tipo per i processi, modelli quantitativi; tecniche operazionali per descrivere dialoghi e reversibilità; applicazione di tecniche di auto-adattività e di auto-organizzazione nel contesto di scenari di pervasive computing nonché nel contesto dei business process distribuiti. L'unità comprende anche ricercatori della Fondazione Bruno Kessler (Trento). Il contributo di UNIBO ai diversi WP è descritto di seguito.

\* WP1 (in collaborazione con UNIGE and UNITO): progettazione di un nuovo linguaggio basato su agenti per componenti autonome interagenti, con il supporto a tempo di esecuzione all'attività;

\* WP2 (in collaborazione con UNIGE and UNIPI): sviluppo di un framework per la specifica, la verifica e l'analisi delle transazioni long running e studio dei principi di reversibilità delle computazioni;

\* WP3 (in collaborazione con UNIGE and UNITO): applicazione di calcoli di processo per descrivere il comportamento di reti mobili e ad-hoc per la specifica di scenari di pervasive computing, e le tecniche di proiezione da coreografie globali a orchestrazioni locali;

\* WP4 (in collaborazione con UNIFI): studio dell'introduzione delle probabilità nei contratti per coreografie e orchestrazioni;

\* WP6 (in collaborazione con tutte le unità): uso di una piattaforma sviluppata con la Provincia di Trento, per sperimentare gli approcci sviluppati nell'ambito del progetto e la loro idoneità per l'erogazione di servizi orientati ai cittadini.

*UNIBO coordinerà i lavori del WP2.*

### **Camerino**

L'unità di ricerca di Camerino (UNICAM) ha lavorato alla progettazione e l'analisi di sistemi concorrenti e distribuiti con particolare attenzione agli aspetti non funzionali. Interessanti risultati del gruppo sono legati alla valutazione di efficienza nel caso peggiore e lo studio delle relazioni tra tempo, correttezza e proprietà liveness. Recentemente, il gruppo si è interessato alla modellazione, simulazione ed analisi degli aspetti dello spazio dei sistemi evolvibili e allo sviluppo di un'algebra di processo con spazio e di un framework per la simulazione e la verifica. Il gruppo comprende anche competenze nell'area dell'e-government e dei servizi per la pubblica amministrazione. UNICAM contribuirà agli obiettivi del progetto come segue:

\* WP1 (in collaborazione con IMT and UNIFI): definizione di linguaggi per la specifica e l'analisi dei sistemi collettivi adattativi con particolare attenzione alle caratteristiche spaziali e multilivello;

\* WP3 (in collaborazione con UNITO): studio di metodi di analisi per la verifica di comportamenti collettivi emergenti;

\* WP4 (in collaborazione con UNIFI, UNIPI and UNITO): sviluppo di strategie per il supporto all'attività;

\* WP5 (in collaborazione con UNIFI): analisi di approcci al monitoraggio a tempo di esecuzione per asserire la correttezza globale di sistemi dinamici evolvibili;

\* WP6 (in collaborazione con tutte le unità): coordinamento delle attività legate alla modellazione, analisi, sviluppo e validazione di un sistema reale per la gestione delle emergenze.

### **Firenze**

I membri dell'Unità Firenze hanno lavorato a lungo su linguaggi e modelli per l'analisi dei sistemi concorrenti e mobili. Risultati importanti di questo lavoro sono i calcoli per la programmazione di sistemi interattivi basati su tuple e dei sistemi orientati ai servizi. Il gruppo è inoltre ben noto per lavori, incentrati sui calcoli di processo, sulla sicurezza, sulle equivalenze comportamentali e logiche (stocastiche), e sulla teoria dei tipi.

In particolare, UNIFI contribuirà a:

\* WP1 (in collaborazione con IMT, ISTI, UNICAM, UNIGE, UNIPI, and UNITO): studio di primitive linguistiche e di tipi per l'auto-adattamento per la progettazione di sistemi autonomi, sfruttando anche le esperienze acquisite all'interno della progetto ASCENS;

\* WP4 (in collaborazione con ISTI, IMT, UNIBO, UNICAM, UNIPI and UNITO): definizione di (a) strumenti basati su model-checking stocastico per il supporto all'analisi quantitativa di sistemi parzialmente specificati. (b) tipi comportamentali da usare nella semantica di varianti quantitative di calcoli processo, al fine di considerare aspetti non funzionali dei comportamenti dei sistemi;

\* WP5 (in collaborazione con IMT, UNICAM, UNITO and UNIVE): sviluppo di un modello quantitativo per contrastare trust e privacy, così come un framework per la gestione di trust e controllo degli accessi a livello linguistico; studio di meccanismi linguistici per il controllo degli accessi sviluppando meccanismi per la memorizzazione compatta di politiche, simili al linguaggio XACML.

*UNIFI coordinerà i lavori del WP5.*

### **Genova**

L'unità di ricerca di Genova (UNIGE) ha una consolidata esperienza nelle seguenti aree: fondamenti della programmazione, linguaggi e tecniche per la composizione e la adattabilità di sistemi orientati agli oggetti ed alle componenti; sistemi di tipo per l'analisi composizionale, in particolare dei linguaggi alla Java; modelli computazionali per il linking dinamico e la riconfigurazione. Questi risultati sono stati in parte raggiunti in tre precedenti progetti PRIN (EOS, EOS2 e DISCO), coordinati dall'unità di Genova e che coinvolgevano i gruppi di ricerca di Bologna, Firenze e Torino ora coinvolti in CINA. Questi progetti hanno significativamente esteso i sistemi a oggetti oltre i tradizionali ingredienti del paradigma ad oggetti, incorporando caratteristiche più potenti e flessibili.

Queste competenze di UNIGE, insieme con le collaborazioni ben definite con le altre unità, assumeranno un ruolo chiave nei seguenti obiettivi del progetto:

\* WP1 (in collaborazione con UNIBO, UNITO and UNIFI): definizione di linguaggi per il coordinamento e l'autonomia sviluppando costrutti e tecniche per la composizionalità e l'adattamento da integrare con primitive per l'interazione, come sessioni e conversazioni, e con il modello di computazione orientato agli agenti;

\* WP2 (in collaborazione con UNIBO, UNIPI and UNITO): studio di interazioni affidabili esprimendo e controllando opportuni requisiti su composizione e adattamento, spesso mediante tipi sofisticati;

\* WP3 (in collaborazione con UNIBO, UNIPI and UNITO): definizione di modelli di adattività mediante procedure di verifica simbolica per i sistemi open-ended.

*UNIGE coordinerà i lavori del WP1.*

### **Pisa**

L'unità di ricerca di Pisa (UNIPI), è conosciuta a livello internazionale per le competenze in materia di calcoli di processi e di altri modelli della concorrenza, per la specifica e verifica di sistemi distribuiti open-ended. In particolare, UNIPI hanno dato notevole contributo alla teoria dei vincoli, ai modelli fondamentali per le transazioni, per i calcoli di processo service-oriented e session-oriented, per l'integrazione dei calcoli di processi con vincoli e tipi, per la semantica simbolica per i sistemi aperti, per le logiche e sistemi di tipo per l'accesso a dati distribuiti e più recentemente su adattamento white-box, comportamenti emergenti e analisi dei business-process.

UNIPI comprende anche ricercatori dell'Università di Udine, con competenze in materia di tipo teoria e framework basati su logiche, su sistemi reattivi a bigrafi, su modelli categoriali di aspetti quantitativi e sulla rilevazione delle anomalie del comportamento. Il ruolo di UNIPI nei WP è descritto di seguito.

\* WP1 (in collaborazione con IMT, UNIFI and UNITO): definizione di architetture, linguaggi e modelli adattivi;

\* WP2 (in collaborazione con IMT, UNIBO, UNIGE and UNITO): definizione di meccanismi per la gestione degli errori nei sistemi transazionali largamente distribuiti e dinamici;

\* WP3 (in collaborazione con IMT, ISTI, UNIGE, UNITO and UNIVE): progettazione e analisi dei sistemi adattativi collettivi con comportamenti emergenti;

\* WP4 (in collaborazione con IMT, ISTI, UNICAM and UNIFI): definizione di modelli categoriali di sistemi a stato continuo e l'analisi formale dei business-process;

\* WP4 (in collaborazione con IMT, ISTI, UNICAM and UNIFI): definizione di tecniche di analisi miste statico+dinamico e modelli per garantire la correttezza globale.

*UNIPI coordinerà i lavori del WP3.*

### **Torino**

L'unità di ricerca di Torino (UNITO) ha una lunga tradizione a livello di ricerca sui metodi formali, in particolare sulle teorie di tipo. Questo è chiave per il progetto, in quanto i tipi svolgono un ruolo centrale in tutti i work-packages. Più in particolare UNITO ha un solido background su: sistemi di tipo, semantica dei linguaggi di programmazione, progettazione di costrutti linguistici orientati al reimpiego e riconfigurazione del software, software di composizione statica e dinamica, semantica della concorrenza, analisi e verifica dei sistemi distribuiti; model checking probabilistico e model checking stocastico. UNITO contribuirà a:

\* WP1 (in collaborazione con ISTI, UNIBO, UNIFI, UNIGE and UNIPI): definizione di tipo per costrutti linguistici che supportano l'adattamento dinamico delle componenti del sistema;

\* WP2 (in collaborazione con IMT, UNIGE and UNIPI): sviluppo di tipi per calcoli di processo arricchiti con vincoli;

\* WP3 (in collaborazione con UNIBO, UNICAM, UNIGE and UNIPI): uso di teorie di tipi globali e locali e loro semantica per il supporto all'analisi dei comportamenti emergenti collettivi;

- \* WP4 (in collaborazione con IMT, ISTI, UNICAM, UNIFI and UNIVE): uso di automi temporizzati probabilistici, reti di Petri stocastiche e le loro equivalenze per supportare l'analisi quantitativa dei sistemi stocastici;
- \* WP5 (in collaborazione con IMT, UNIFI, UNIPI and UNIVE): sviluppo di tipi che contengono parti parzialmente specificate.

#### **Venezia**

L'unità di Ricerca di Venezia (UNIVE) ha ben note competenze nei modelli basati su algebre di processo di sistemi concorrenti e distribuiti, nell'analisi di sicurezza delle reti mobili e wireless basata su tecniche comportamentali,

sui framework logici e di teoria dei tipi, così come nei modelli di prestazioni e affidabilità basati su modelli stocastici Markoviani. Alcuni risultati recenti nelle aree di interesse per CINA comprendono potenti teorie logiche e di tipo per il controllo

degli accessi accessi, analisi di connettività in reti wireless basate su bisimulazione, algoritmi efficienti per il calcolo esatto o approssimato degli indici di prestazione a steady-state. UNIVE comprende ricercatori dell'Università di Padova, che si integrano perfettamente nel gruppo, portando competenze specifiche nei modelli true-concurrent e le logiche per l'analisi delle proprietà causali di sistemi distribuiti e mobili, e su logiche e algoritmi probabilistici di equivalenze comportamentali. UNIVE mette a disposizione di CINA le sue esperienze sull'analisi di sicurezza e sulle tecniche linguistiche come dettagliato sotto:

- \* WP3 (in collaborazione con UNIPI): studio di tecniche di specifica e verifica modulare di modelli qualitativi e quantitativi;
  - \* WP4 (in collaborazione con IMT, ISTI, UNITO e con il Dept. of Computing dell'Imperial College): sviluppo di strumenti di modellazione quantitativa e per il calcolo di indici di efficienza;
  - \* WP5 (in collaborazione con UNIFI, UNIPI, UNITO e con il CISPA del Saarland University): studio di metodologie per l'analisi di security e privacy di sistemi distribuiti di autorizzazione;
  - \* WP6 (in collaborazione con tutte le unità) : sviluppo di un caso d'uso sul monitoraggio dell'inquinamento legato al micro particolato (pm2.5/pm10) generato dal traffico, condotto in collaborazione con il gruppo di ricerca di Chimica Analitica presso Ca Foscari'.
- UNIVE coordinerà i lavori del WP6.

## **14 - Risultati attesi dalla ricerca, il loro interesse per l'avanzamento della conoscenza e le eventuali potenzialità applicative**

### **Autonomia**

\* Progettazione ed implementazione di linguaggi di specifica e/o di programmazione che offrano la possibilità di aggiornarsi dinamicamente, che permettano di integrare descrizione del comportamento e gestione della conoscenza e che siano fondati su solide basi matematiche così da rendere possibile l'analisi formale e la verifica di proprietà. Per questi linguaggi saranno definiti complessi meccanismi di interazione che saranno controllati da sistemi di tipi flessibili ed autoadattivi per assicurare proprietà di safety.

\* Una metodologia di specifica basata su Sistemi di Transizioni Modali per modellare e analizzare la variabilità, la capacità di evolvere e l'adattabilità. Una semantica rigorosa per la variabilità su modelli comportamentali supporterà le tecniche di analisi a tempo di progettazione e a tempo di esecuzione. Questo contribuirà alla possibilità di identificare dei punti di variabilità che potranno essere attivati a tempo di esecuzione per aumentare l'adattabilità e ottimizzare l'uso o il riuso delle risorse.

\* Inferenza di tipi per linguaggi orientati agli oggetti dinamici (come Python e JavaScript) usando la compilazione astratta, una tecnica promettente per integrare le analisi di tipo precise con le tecnologie di compilazione.

\* Schemi di retroazione basati su flussi per l'adattività di sistemi a componenti chiuse (black-box), modelli "bigraphic" di sistemi adattivi e architetture riflessive, modelli e strumenti per l'adattività di sistemi a componenti trasparenti (white-box).

\* Calcoli che supportino diverse primitive di binding e diversi costrutti coercion/cast insieme a sistemi di tipi flessibili che contengono modalità in grado di esprimere proprietà dell'ambiente di esecuzione.

*I risultati del progetto forniranno i programmatori con le astrazioni linguistiche appropriate per la modellazione e la manipolazione della conoscenza, il comportamento, l'aggregazione, e le interazioni. Le primitive saranno basate su una solida base matematica per garantire la verifica dei sistemi.*

### **Negoziati**

\* Modelli per long-running transactions che aderiscono allo schema Negozia, Chiudi ed Esegui (NCE). In questi modelli il raggio di azione delle transazioni non sarà definito staticamente, ma sarà determinato dalle effettive interazioni.

\* Linguaggi basati su agenti equipaggiati con tipi di sessione che supportino sia il controllo dinamico delle conversazioni dell'agente sia il controllo a priori della conformità della implementazione dell'agente. Integrare i tipi di sessione nei sistemi multiagente che permetta la verifica automatica della conformità a un protocollo di negoziazione. Fornire una nozione di sottotipo per quei tipi di sessione ottenuti tramite proiezione di un tipo globale sui singoli partecipanti.

\* Definizione di un calcolo di contratti arricchito con vincoli basati su semi-ring che permetta ai clienti di scegliere i servizi e di interagirci in maniera sicura. I tipi di sessione e di contratto verranno rappresentati come opportune estensioni della teoria costruttiva dei tipi del Logical Framework LF, il tutto con lo scopo di ottenere "lock" type. Questo permetterà anche di raffinare i tipi di contratto come una logica specifica per assicurare le proprietà dei contratti.

\* Schemi di recupero dai guasti per sistemi distribuiti basati su nozioni di reversibilità per computazioni concorrenti, il tutto integrato con meccanismi di compensazione per le attività abortite.

*I risultati del progetto permetteranno di progettare sistemi che forniscano servizi affidabili anche in ambienti non affidabili. Si potranno gestire gli errori a tempo di esecuzione usando meccanismi di ripristino di uno stato corretto e di compensazione. Il processo di ingegnerizzazione dei sistemi avanzati beneficerà di tali risultati poiché il tempo richiesto per trattare gli errori sarà ridotto.*

### **Glocalità: dal Locale al Globale**

\* Principi di ingegneria e linee guida operazionali per la progettazione e l'analisi di sistemi collettivi adattivi basati su modelli formali generali che porranno le basi per specifici algoritmi di proiezione in grado di derivare automaticamente descrizioni di componenti a partire dalle specifiche globali, ma anche per lo sviluppo di middleware basati su una gestione esplicita delle risorse e per la determinazione di comportamenti collettivi emergenti a partire dalle singole entità autonome interagenti.

\* Tecniche di generazione basate su rappresentazione del sistema a livello di coreografia e di orchestrazione automatica al fine di poter trattare sistemi in cui il numero (potenzialmente illimitato) di componenti può variare dinamicamente.

\* Algebre di processo e loro dialetti anche con caratteristiche spaziali per un'effettiva modellazione basata su agenti di (grandi) collezioni di agenti dotati di diverse e coerenti interpretazioni semantiche sia nel dominio stocastico che in quello altamente scalabile della dinamica dei fluidi e con delle associate tecniche di analisi, possibilmente supportate da logiche appropriate.

*Ci aspettiamo che questo lavoro abbia, nel medio termine, un impatto sulla progettazione dei sistemi collettivi adattivi (anche molto popolosi), rendendo più semplice predire e controllare il comportamento collettivo emergente in scenari ICT futuri ed emergenti, come ad esempio controllo del traffico adattivo, fornitura di contenuti personalizzati e distribuzione energetica nelle reti intelligenti.*

### **Valutazione quantitativa**

\* Definizione di un formato operativo unificato, basato principalmente su sistemi di transizione etichettati state-to-function, per fornire delle caratterizzazioni uniformi delle principali equivalenze comportamentali (bisimulazione, testing, trace, ...) e per studiarne le loro proprietà generali in un contesto algebrico (congruenza, assiomaticizzazione, caratterizzazione logica). Tali relazioni comportamentali verranno ulteriormente approfondite caratterizzandole in termini approccio co-algebrici.

\* Introduzione di nuovi metodi formali, basati su model checking e tipi comportamentali, per lo sviluppo e la verifica di sistemi in cui l'informazione quantitativa è un elemento strutturale. Tipi comportamentali quantitativi permetteranno di dedurre gli esiti di un'analisi quantitativa (utilizzo delle risorse, comportamento temporizzato e probabilistico, ...) dai tipi astratti associati ai processi corrispondenti.

\* Estensioni di descrizioni coreografiche e di teorie di proiezione/conformità per la rappresentazione di scelte probabilistiche e tempo. In questo modo sarà possibile progettare e implementare sistemi autonomici in cui singole componenti possono essere rimpiazzate in base a necessità di adattamento connesse ad alcune misure quantitative come, ad esempio, efficienza di interazione (reattività) o accordo sul livello di servizio.

\* Un ambiente formale integrato, basato su automi probabilistici temporizzati e sistemi multi-agente, per la modellazione, simulazione e analisi spaziale di sistemi ecologici, geografici e di gestione delle emergenze anche basato su strategie di autoapprendimento e orientate agli obiettivi, al fine di supportare il raggiungimento di proprietà spaziali desiderate.

\* Tecniche formali di analisi e strumenti software di supporto per la classificazione e la valutazione automatica dell'efficienza dei business process all'interno delle organizzazioni complesse ed, in particolare, nelle pubbliche amministrazioni.

*Tutto questo ci consentirà di prendere in considerazione anche l'incertezza e la conoscenza parziale, di modellare "verità parziali", e di sviluppare un ambiente di modellazione e analisi qualitativa e quantitativa a supporto della riconfigurazione dinamica del sistema e della risoluzione di obiettivi contrastanti.*

#### **Affidabilità: Correttezza e Sicurezza**

\* Modelli quantitativi per gestire, a diversi livelli di astrazione, aspetti quali controllo degli accessi, affidabilità e privacy. In particolare, utilizzando un modello che integri elementi di reputazione e flusso delle informazioni, prevediamo di poter stabilire dei risultati quantitativi generali circa un possibile compromesso tra i requisiti apparentemente contrastanti di trust e privacy. Inoltre, svilupperemo dei meccanismi di gestione delle politiche che consentiranno una memorizzazione compatta delle politiche stesse e un efficiente processo decisionale.

\* Astrazioni Linguistiche e politiche di sicurezza basate su potenti teorie di tipizzazione statica per aspetti quali autorizzazioni, privacy e trust che permetteranno di portare i concetti fondazionali della sicurezza a livello del programmatore. Inoltre, svilupperemo delle tecniche basate su semantiche per la true-concurrency per dimostrare proprietà globali come assenza di stallo, liveness, assenza di interferenze o flussi di informazioni indesiderati. Queste tecniche saranno supportate da corrispondenti logiche comportamentali per esprimere proprietà delle computazioni concorrenti causali e dipendenti dai comportamenti passati e da tipi auto-adattativi in grado di collezionare informazioni sull'affidabilità dei partecipanti in un ambiente aperto e globale.

\* Metodologie dipendenti dal dominio per la verifica, sia statica che dinamica, della correttezza globale di sistema. Tale aspetto sarà affrontato sia nel contesto dell'analisi di variabilità che in quello dell'analisi del comportamento probabilistico e sarà accompagnato da algoritmi di model checking per supportare l'analisi di variabilità e da algoritmi OTF per il model checking probabilistico.

\* Nuovi approcci per la predizione dei guasti a tempo di esecuzione in sistemi software altamente dinamici con l'obiettivo di predire la possibilità di raggiungere stati di errore nel futuro prossimo; introduzione di tecniche e corrispondenti strumenti software per la derivazione automatica ed il successivo utilizzo di processi aggiuntivi in grado di evitare l'insorgere, nel sistema in esecuzione, di condizioni di errore previste.

*I risultati precedenti contribuiranno a mettere le basi per un approccio linguistico alla sicurezza ed alla definizione di modelli e strumenti per l'analisi qualitativa e quantitativa dei sistemi che garantiscano correttezza formale. Essi inoltre forniranno tecniche per misurare il livello di trust, e per individuare il giusto trade-off tra esigenze contrastanti quali trust ed anonimity.*

#### **Validazione**

Forniremo tre casi di studio con due finalità: i) avere test di validazione impegnativi per i modelli formali, le astrazioni di programma e i metodi analitici del progetto; ii) mostrare che i contributi del progetto possono essere usati per lo sviluppo di servizi affidabili completamente automatizzati con un impatto organizzativo, socio-economico e ambientale. I risultati attesi dei tre scenari sono sintetizzati nel seguito:

##### *Citizen Centric Services*

La fornitura di servizi centrati sul cittadino è un caso ideale per sperimentare progettazione e realizzazione di servizi affidabili e adattivi. I risultati attesi del task derivano dall'applicare a questo caso i risultati del progetto:

- modelli e linguaggi per la specifica di servizi adattivi e affidabili centrati sul cittadino
- tecniche e tool per l'adattamento contestuale dei servizi centrati sul cittadino
- una metodologia per la realizzazione di servizi affidabili rivolti al cittadino
- artefatti (servizi, requisiti, proprietà di contesto) e collezioni di dati (log utenti, raccomandazioni, tracce di utilizzo e adattamento)

In aggiunta, questo caso di studio offre al progetto CINA un dimostratore permanente basato su una piattaforma territoriale che rimarrà funzionante anche dopo la conclusione del progetto.

##### *Gestione delle Emergenze*

La Gestione delle Emergenze è certamente uno dei compiti più complessi per la Pubblica Amministrazione. Fornisce uno scenario adatto per testare il model checking a run-time, l'adattività dei sistemi e i metodi di apprendimento per predire un comportamento emergente.

In particolare, il lavoro su questo caso di studio rilascerà un simulatore in cui sarà sperimentato uno scenario di disastro e in cui saranno testati i risultati attesi:

- algoritmi e metodologie per gestire la dinamicità a run-time, l'incertezza e i comportamenti emergenti
- meccanismi per ottimizzare gli interventi a run-time attraverso la negoziazione automatica
- definizione e valutazione di Processi di Business per la gestione delle emergenze.

Il servizio di Gestione delle Emergenze verrà sviluppato in sinergia con la Piattaforma Centrata sul Cittadino.

##### *Monitoraggio del traffico per un basso impatto ambientale*

IL monitoraggio del traffico rappresenta un caso ideale per sperimentare le analisi di indici di performance e con le tecniche per la sicurezza e la privacy delle sorgenti dei dati. I risultati attesi possono essere riassunti come segue:

- una metodologia riusabile per costruire in maniera modulare modelli di traffico urbano e che comprenda indici di valutazione qualitativi e quantitativi
- algoritmi e metodologie per estrarre valutazioni di performance degli indici di valutazione dei modelli che siano accurate, efficienti rispetto al tempo e numericamente stabili
- una piattaforma che supporti una tempestiva analisi "what-if" in risposta ai cambiamenti del modello di traffico sottostante.

*Collettivamente, questi risultati permetteranno agli utenti del framework di stabilire correlazioni di vari indici basate su che tipo di decisioni informate possono essere prese riguardo la progettazione di piani di traffico sostenibili.*

## **15 - Elementi e criteri proposti per la verifica dei risultati raggiunti**

Elenchiamo nel seguito alcuni criteri che consideriamo utili e significativi per valutare la riuscita del progetto CINA.

#### **Risultati scientifici**

Valuteremo la qualità dei risultati scientifici in base ai seguenti elementi.

*Grado di avanzamento verso il raggiungimento degli obiettivi scientifici descritti nella proposta.*

A tal fine, il progetto sarà monitorato dal Coordination Board, formato dal coordinatore e dai WP leader. Il Coordination Board verificherà, ad ogni checkpoint stabilito, se i risultati (parziali e finali) sono quelli attesi ed eventualmente proporrà azioni correttive.

#### *Valutazione esterna.*

A tale fine, sceglieremo un Advisory Board composto da due o tre esperti internazionali. I workshop alla fine di ognuna delle fasi del progetto saranno utili sia per il progetto stesso sia come strumento di valutazione. La partecipazione a tali workshop sarà aperta a ricercatori esterni e agli esperti dell'Advisory Board. Successivamente ai workshop di progetto ai mesi 12 e 24, chiederemo all'Advisory Board di produrre un rapporto di valutazione sullo stato del progetto, dove siano indicati i punti a favore e contro le proposte presentate, e siano eventualmente suggerite modifiche o miglioramenti. Corrispondentemente, dopo i checkpoint ai mesi 18 e 30, il Coordination Board scriverà un breve documento per rispondere alle osservazioni dell'Advisory Board e per descrivere le eventuali azioni correttive intraprese. Infine, dopo il workshop finale del progetto, l'Advisory Board scriverà un documento contenente una valutazione globale della ricerca sviluppata all'interno del progetto.

#### *Valutazione della qualità scientifica*

Valuteremo la qualità scientifica in base al numero di pubblicazioni, alla reputazione delle riviste, convegni e workshop dove saranno stati pubblicati o presentati i lavori scientifici relativi ai risultati del progetto, e alla diffusione dei risultati nelle comunità scientifiche internazionali (per esempio, numero di citazioni in pubblicazioni di altri gruppi di ricerca).

#### **Grado di coordinamento tra i partner**

Lo scambio di informazione tra i partner sarà gestito in modo semplice e rapido attraverso l'uso di mailing list e di un sito web, in cui sarà presente una sezione privata dedicata alla condivisione delle informazioni rilevanti tra i ricercatori del progetto. Utilizzeremo un repository (già attivo) per l'editing concorrente e distribuito di documenti, contribuendo così a incoraggiare la cooperazione tra i gruppi e rendendo il coordinamento più semplice. Anche i workshop di progetto alla fine di ogni fase costituiranno un'occasione per il coordinamento e il flusso di informazione.

Valuteremo il grado di coordinamento e di trasferimento della conoscenza tra i partner sulla base della partecipazione ai workshop di progetto, del numero e qualità di lavori in collaborazione tra autori di più unità, e dello sviluppo di tecniche che permettano di integrare competenze diverse.

#### **Diffusione dei risultati**

I risultati del progetto saranno diffusi sotto forma di pubblicazioni in riviste e atti di convegni, e presentazioni a convegni e workshop. Le implementazioni prototipali sviluppate saranno diffuse come software open-source.

I rapporti scientifici, le pubblicazioni e i prototipi saranno inoltre diffusi nella sezione pubblica del sito web del progetto, in maniera da renderli disponibili rapidamente. Il sito web sarà anche utilizzato per mantenere aggiornate e pubblicizzare verso ricercatori di comunità scientifiche collegate altre informazioni rilevanti sullo stato del progetto, come per esempio brevi descrizioni dei risultati, e informazioni generali rilevanti per l'attività.

I workshop di progetto alla fine delle tre fasi saranno uno strumento per la diffusione, e i partner del progetto potranno inoltre organizzare workshop tematici, anch'essi utili per la diffusione.

Valuteremo il grado di diffusione dei risultati sulla base della qualità di tutti gli aspetti sopra elencati. Inoltre, valuteremo l'interesse delle tematiche progettuali dal punto di vista didattico, sulla base dei corsi tenuti dai partecipanti su temi e risultati del progetto, dei periodi di visita dei giovani ricercatori in unità diverse dalla propria, e del numero e qualità delle pubblicazioni di giovani ricercatori. Infine, considereremo ai fini della valutazione gli eventuali sviluppi ed estensioni di strumenti software relativi al progetto e l'eventuale interesse manifestato da industrie nazionali e internazionali.

## **16 - Sintesi delle collaborazioni con altri organismi di ricerca pubblici e privati, nazionali e internazionali, e indicazione degli eventuali collegamenti con gli obiettivi di Horizon 2020**

#### **Relazioni con "Horizon 2020"**

La ricerca del progetto CINA porterà a risultati importanti per gli scopi di Horizon 2020 (vedi [A,B]). Le unità di ricerca sono non solo complementari come esperienza tecnica e scientifica, ma molte di esse hanno maturato esperienze in diversi scenari correlati agli obiettivi di Horizon 2020.

Il progetto CINA è focalizzato sull'ICT, che è una delle tecnologie chiave in Horizon 2020, ed in questo campo CINA tratta argomenti importanti per Horizon 2020. Per mostrare quale impatto i risultati di CINA nel campo ICT avranno su sfide rilevanti per la società applicheremo le metodologie, i linguaggi e gli strumenti di CINA a 3 scenari scelti accuratamente, come specificato in seguito.

I contributi di CINA all'ICT si collocano naturalmente nei seguenti punti del documento [A] (parte II):

\* "1.1.1. A new generation of components and systems: engineering of advanced and smart embedded components and systems" ("large area integration, underlying technologies for the Internet of Things (IoT) including platforms to support the delivery of advanced services, smart integrated systems, systems of systems and complex systems engineering")

\* "1.1.3 "Future Internet" ("enable the interconnection of trillions of devices ... that will change the way we communicate, .... This includes R and I on networks, software and services, ...").

Questi scenari sono tipici di sistemi aperti, caratterizzati da un grande e/o variabile numero di partecipanti, ognuno con i propri modi di essere, scopi e modalità nel prendere decisioni. CINA studierà in quest'ottica coreografie dinamiche, componenti auto-adattative, transazioni di lunga durata, valutazioni dinamiche per decidere il comportamento (globale e locale) di sistemi, e ciò servirà come base per lo sviluppo di servizi persistenti ed affidabili che diano serie garanzie sulla qualità del loro comportamento. Adattabilità, reversibilità, compensazione e tecniche affidabili daranno garanzie sul comportamento delle componenti sviluppate anche quando le richieste del sistema cambiano o si verificano eventi o errori inaspettati.

CINA contribuirà anche a disegnare la prossima generazione di paradigmi, linguaggi, metodi e strumenti per facilitare lo sviluppo di questi sistemi - considerando tutte le fasi dello sviluppo del software, il disegno, la programmazione, il debugging ed il testing. CINA aprirà la strada alla nuova generazione di teorie che sono indispensabili per alcune sfide di Horizon 2020 (come FuturICT e Brain, per citarne alcune).

In particolare CINA combinando varie teorie quali calcoli di processi, sistemi di tipi, automi e vincoli esplorerà un nuovo paradigma orientato agli agenti per disegnare e sviluppare sistemi con le proprietà che sono centrali per il progetto, quali autonomicità e adattabilità, decentralizzazione e distribuzione del controllo, comportamento emergente e modellazione a molti livelli, correttezza e sicurezza, ed in cui l'interazione asincrona e il coordinamento sono aspetti chiave.

Il progetto CINA contribuisce anche ad affrontare sfide per la società identificate nella parte III di [A], quali "Inclusive, Innovative and Secure Societies" (sez. 6 di [A]) e "Smart green and integrated transport" (sez. 4 di [A]), producendo teorie fondazionali e tecnologie che le rendono utilizzabili, e applicandole in 3 diversi scenari, uno per costruire una piattaforma incentrata sui cittadini (sez. 6.2.2), uno per la gestione delle emergenze (sez. 6.3.4) ed uno per monitorare il traffico con basso impatto sull'ambiente (sez. 4.1.3 e sez. 4.2.1).

In particolare, la piattaforma territoriale incentrata sui cittadini contribuirà alla sfida per "Inclusive, Innovative and Secure Societies", promuovendo "innovation in order to foster efficient, open, and citizen-centric public service (eGovernment)" [B]. Questa piattaforma anticipa anche un nuovo e più centrale ruolo per i cittadini, che diventeranno più consapevoli delle loro capacità individuali e collettive come spettatori/autori, cioè attori che sono allo stesso tempo consumatori, inventori e fornitori di servizi nel territorio. Questo scenario quindi coprirà "social-network dynamics and crowd-sourcing and smart-sourcing for co-production of solutions addressing social problems" [B].

La gestione dell'emergenza è sicuramente uno dei compiti più complessi della Pubblica Amministrazione. Tipicamente richiede l'attivazione di un insieme di processi composti da insiemi di attività correlate e sequenziali che sono condivise ed eseguite da due o più Amministrazioni pubbliche allo scopo di ottenere un obiettivo, quale un sistema ICT capace di gestire operazioni che rispondono alla crisi affrontando problemi legati ad un ambiente con alti gradi di incertezza e di eterogeneità e con condizioni che cambiano velocemente. I ricercatori di CINA in collaborazione con la protezione civile contribuiranno a costruire una "secure society" [B] proponendo soluzioni caratterizzate da logiche distribuite e decentralizzate, alta dinamicità e capacità di gestire comportamenti che variano a tempo di esecuzione, resistenza agli errori, disponibilità di meccanismi automatici per la negoziazione e dalla integrazione/adattamento/riconfigurazione dei molti agenti software impiegati nell'emergenza per "strengthening security through border management" [B].

Il controllo del traffico urbano e la valutazione dell'impatto ambientale sono cruciali per migliorare la vita quotidiana dei cittadini. La definizione di nuovi metodi di

analisi quantitativa esatta o approssimata contribuirà a rendere intelligente il trasporto. I formalismi studiati permettono la definizione di nuovi paradigmi di interazione che conducano ad applicazioni collaborative ed a pianificazioni che aiutino i singoli cittadini a prendere decisioni che permettano loro di avere un impatto globale sull'intera organizzazione ed a migliorare gli aspetti organizzativi e l'efficienza dei trasporti. CINA contribuisce a "improving transport and mobility in urban areas" [B]

raccogliendo informazioni sul traffico urbano mediante una rete di sensori e offrendo informazioni intelligenti in tempo reale agli utenti finali. Questo incoraggia comportamenti virtuosi nella mobilità da parte dei cittadini e riduce quindi il traffico totale e di conseguenza l'inquinamento dell'aria ed acustico. L'analisi del traffico permette anche di definire una politica di controllo dei flussi del traffico implementata mediante il calcolo della configurazione ottimale per i controlli del traffico (ad esempio semafori, pannelli direzionali, informazioni sui cellulari) con un impatto su "a substantial reduction of traffic congestion" [B].

[A] Establishing the Specific Programme Implementing Horizon 2020 - The Framework Programme for Research and Innovation (2014-2020), Proposal for a Council Decision, European Commission, Brussels, 30.11.2011 COM(2011) 811 final 2011/0402 (CNS)

[B] Sito Horizon 2020, <http://ec.europa.eu/research/horizon2020/>

### **Collaborazioni Formalizzate con Lettere di Intenti**

I partecipanti a CINA hanno molte pluriennali collaborazioni con ricercatori di chiara fama che lavorano in prestigiose università e centri di ricerca stranieri, molto utili per lo sviluppo del progetto. I rappresentanti legali di alcune di queste università e centri di ricerca hanno firmato lettere di collaborazione (allegate ai modelli B) che sono elencate con i principali argomenti di collaborazione:

- \* Charles University Prague (CZ) su linguaggi per sistemi autonomici con UNIFI;
- \* CWI (NL) sull'analisi statica di sistemi concorrenti orientati agli oggetti con UNIGE;
- \* IMDEA (ES) sulla verifica del software concorrente con UNIGE;
- \* Imperial College (UK) su modelli modulari e gerarchici di sistemi altamente dinamici con UNIVE;
- \* MT-LAB (DK) sull'analisi quantitativa con IMT;
- \* Queen Mary College (UK) sui tipi sessione con UNITO;
- \* UBA (ARG) sulle interazioni di lunga durata con IMT;
- \* Univ. of California at Riverside (USA) sulla valutazione quantitativa con UNITO;
- \* UCL (UK) sui modelli quantitativi del flusso di informazione con UNIFI;
- \* Univ. Complutense de Madrid sui metodi per sistemi affidabili con UNIFI;
- \* Univ. of Leicester (UK) su linguaggi e modelli per l'adattabilità con UNIFI;
- \* Univ. of Reykjavik (Islanda) sui sistemi auto-adattativi con UNICAM;
- \* Univ. of Saarlandes (DE) sulla sicurezza e la privacy per sistemi di autorizzazioni distribuite con UNIVE;
- \* Univ. of Stony Brook (USA) sui modelli di sistemi auto-adattativi con UNICAM.
- \* Vienna University of Technology (A) su modelli di sistemi composizionali ed interattivi con IMT.

### **Altre Collaborazioni Formalizzate**

CINA massimizzerà le ricadute della ricerca sull'innovazione della società mediante una vasta rete di collaborazioni con accademici ed industriali a livello europeo, nazionale e regionale. Molte di queste collaborazioni nascono da progetti in corso o futuri. Vengono riportate 4 fra le più importanti collaborazioni con istituti di ricerca a livello nazionale ed internazionale, e poi alcuni progetti e reti di eccellenza (lo spazio ci obbliga a non elencarne altri).

#### *EIT ICT*

UNIBO e FBK sono attivi in EIT ICT Italy, un'iniziativa europea per l'innovazione dell'ICT nell'educazione, ricerca e imprenditoria, mediante nuovi tipi di collaborazioni fra industrie, centri di ricerca ed università in Europa. L'argomento di CINA è allineato con quelli sviluppati nei laboratori dell'EIT ICT Labs, in particolare per quanto riguarda le città digitali del futuro. Sangiorgi è il responsabile locale per Bologna.

#### *Gruppo di ricerca Focus INRIA*

Il gruppo di ricerca Focus è un'iniziativa congiunta fra l'INRIA (Francia) and UNIBO su modelli e linguaggi per sistemi distribuiti. Questo è l'unico gruppo di ricerca che fa capo all'INRIA in un'università non francese. Il gruppo è guidato da Sangiorgi.

#### *Protezione Civile della Region Marche*

UNICAM e la divisione della Protezione Civile della Region Marche hanno un accordo per modellare ed analizzare sistemi complessi ed adattativi per la valutazione di emergenze e la determinazione di decisioni appropriate da cui derivare efficienti azioni di supporto.

#### *Istituto Marino del CNR (ISMAR)*

UNICAM collabora con ISMAR per la definizione di modelli spazio-temporali della popolazione in ecosistemi marini basati su agenti. Lo scopo principale è la previsione dell'evoluzione dinamica di queste popolazioni usando metodi di simulazione 3D.

#### *ALLOW: Adaptable Pervasive Flows*

Obiettivo del progetto è lo sviluppo di un nuovo paradigma di programmazione per applicazioni diffuse usabili da utenti non esperti. Questo paradigma permetterà di ottenere che i sistemi si adattino automaticamente e con continuità alle necessità degli utenti, aiutando in questo modo le persone ad ottenere obiettivi ben specificati in contesti che cambiano dinamicamente. FBL è uno dei 4 partecipanti a questo progetto.

*ASCENS: Autonomic Service-Components Ensembles* L'obiettivo di ASCENS è costruire sistemi complessi in cui si combinino la maturità e l'ampia applicabilità degli approcci tradizionali all'ingegneria del software con la verifica di proprietà funzionali e non-funzionali assicurata dai metodi formali e con la flessibilità, la maneggevolezza, e l'ottimizzazione nell'uso delle risorse tipici dei sistemi autonomici, adattativi e auto-coscienti. Fra i 15 partecipanti a questo progetto figurano IMT, UNIFI e UNIFI.

#### *CHOReOS: Large Scale Choreographies for the Future Internet*

Il progetto si pone nel contesto dell'Internet del Futuro su Scala Ultra-Larga (USL) per i servizi software. Per affrontare le sfide inerenti all'USL così come altre necessità dell'Internet del Futuro, CHOReOS rifonda il concetto di composizione di servizi basata sulla coreografia per i sistemi orientati ai servizi. UNICAM è uno dei 16 partecipanti.

#### *Formal Verification of Object-Oriented Software*

Scopo di questa Azione è il coordinamento dello sviluppo delle tecniche di verifica, per ottenere le prestazioni necessarie ad assicurare l'affidabilità di programmi orientati agli oggetti su scala industriale. L'azione si concentra sulla verifica di programmi: la costruzione di prove logiche della correttezza di programmi. Damiani, Giannini e Zucca sono capi gruppo in questa Azione.

#### *HATS: Highly Adaptable and Trustworthy Software using Formal Models*

L'obiettivo principale di questo progetto è una struttura di metodi e strumenti atti ad ottenere un livello senza precedenti di fiducia mediante la sostituzione di processi informali con analisi rigorose basate sulla semantica formale. Al consorzio fanno capo 13 istituzioni, ed una di queste è UNIBO. Montanari è uno dei 3 membri del Comitato Scientifico Consultivo.

#### *ICARMarche*

Il progetto ICARMarche intende contribuire allo sviluppo delle infrastrutture per l'interoperabilità nella Regione Marche in accordo con il Sistema Pubblico Nazionale per Internet ed i risultati del progetto nazionale ICAR. UNICAM partecipa a questo progetto.

#### *ParaPhrase: Parallel Patterns for Adaptive Heterogeneous Multicore Systems*

Scopo del progetto è la produzione di nuove metodologie per il disegno e l'implementazione di architetture parallele eterogenee che possano essere dinamicamente riconfigurate per soddisfare necessità applicative o per sfruttare la disponibilità dell'hardware. Il consorzio include 6 istituzioni accademiche (una è UNITO) e 3 industriali.

#### *SAPERE: Self-Aware Pervasive Service Ecosystems*

L'obiettivo è lo sviluppo di una struttura profondamente innovativa sia sul lato della teoria che su quello della pratica per l'allocazione e l'esecuzione di servizi auto-coscienti ed adattativi per le emergenti e future reti pervasive. UNIBO è uno dei 4 partecipanti a questo progetto.

*S-Cube: European Network of Excellence in Software Services and Systems*

Il consorzio consiste di 16 partecipanti, ed uno è FBK. Lo scopo è quello di creare una comunità di ricercatori che sia integrata, multidisciplinare ed attiva in modo da avere la capacità di influenzare la struttura dell'Internet basato sui servizi software, che è la spina dorsale della nostra futura società dell'interazione.

## 17 - Mesi persona complessivi dedicati al Progetto di Ricerca

		<b>Mesi/Persona</b>
<b>17.1 Personale dipendente dall'Ateneo/Ente cui afferisce l'Unità di ricerca</b>	a) docenti / ricercatori / tecnologi	0
	b) altro personale tecnico	0
<b>17.2 Personale dipendente da altri Atenei/Enti</b>	a) docenti / ricercatori / tecnologi	0
	b) altro personale tecnico	0
<b>17.3 Personale non dipendente già presente presso l'Ateneo/Ente cui afferisce l'Unità di ricerca alla data di presentazione del progetto</b>	a) assegnisti	0
	b) dottorandi	0
	c) professori a contratto	0
	d) co.co.co.(solo per EPR)	0
<b>17.4 Personale dipendente o non dipendente da destinare a questo specifico Progetto</b>	a) assegnisti	0
	b) ricercatori a tempo determinato	0
	c) dottorandi	0
	d) co.co.co.	0
	<b>TOTALE</b>	<b>0</b>

**18 - Costo complessivo del Progetto articolato per voci**

<b>Responsabile dell'Unità di Ricerca</b>	<b>Finanziamento MIUR</b>	<b>Costo a carico Ateneo / Ente</b>	<b>Costo Complessivo dell'Unità di Ricerca</b>
<b>TOTALE</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>