

Nuova architettura parallela per l'esecuzione di Programmi Logici mediante General Purpose Graphic Processing Unit (GPGPU)

Responsabile: Alessandro Dal Palù
`alessandro.dalpalu@unipr.it`

Bando a Progetti - GNCS 2011

Numero dei partecipanti: 6

Finanziamento richiesto: 8000 euro

1 Introduzione

La *Programmazione Logica* (LP) è una tecnica di programmazione dichiarativa consolidata e utilizzata sia in ambito accademico che industriale [5]. In particolare, la *Programmazione Logica con Vincoli* (CLP) e la Programmazione con Answer Set (ASP) sono due metodologie particolarmente apprezzate, grazie alla loro capacità di affrontare problemi complessi con una modellazione semplice e mediante algoritmi efficienti. Tuttavia, per molti problemi su scala reale, spesso NP-completi, esiste ancora la necessità di prestazioni superiori. Le strade tipicamente seguite in letteratura includono lo studio di algoritmi di risoluzione più efficienti, schemi di risoluzione approssimati che riescano a soddisfare i requisiti iniziali ed infine la parallelizzazione degli algoritmi su architetture per calcolo massivo.

In questo progetto vogliamo accogliere una nuova e strategica architettura di calcolo che ha fatto la sua comparsa 5 anni fa: la scheda grafica per calcolo di tipo *general purpose* (GPGPU) [11]. Le schede grafiche (GPU), per la gestione del calcolo relativo alla grafica, esistono da più di 30 anni. Tuttavia solo recentemente questa potenza di calcolo è stata resa disponibile anche per operazioni non strettamente legate al calcolo grafico, da cui il termine *general purpose*.

I vantaggi offerti dalle GPGPU sono molteplici. Dal punto di vista strategico, questi dispositivi sono in netta crescita in termini di numero di processori paralleli e prestazioni contenuti in una singola scheda a parità di prezzo, rispetto ad un andamento quasi costante delle singole CPU. Inoltre la diffusione capillare, la presenza di standard di programmazione (CUDA [9], OpenCL [10]) e il prezzo molto abbordabile (circa di 1 euro per core di calcolo) garantiscono una portabilità e scalabilità dei programmi per tali schede. Attualmente molti campi che richiedono calcolo massivo hanno adottato

questi dispositivi (simulazioni numeriche di problemi di fisica e di medicina, crittografia, bioinformatica e applicazioni industriali).

Finora la letteratura ha affrontato marginalmente l'utilizzo delle GPGPU per la LP (per esempio si veda la conferenza DAMP, Declarative Aspects of Multicore Programming).

2 Descrizione sintetica del progetto (max 2 pag)

Base di partenza

La Programmazione Logica (LP) è un tipo di programmazione dichiarativa in cui un programma è composto da un insieme di clausole logiche e il risolutore è essenzialmente un dimostratore logico. I modelli logici associati al programma sono calcolati attraverso dimostrazioni costruite sulla base dell'insieme di fatti e deduzioni logiche implicate dalle clausole del programma. Uno dei linguaggi logici più popolari, Prolog [8], si basa sulla procedura di risoluzione SLD, che esplora le possibili interpretazioni del programma.

La Programmazione Logica con vincoli (CLP) nasce dall'unione della LP e Programmazione a Vincoli studiata in intelligenza artificiale fin dagli anni 70. Il primo linguaggio CLP è stato introdotto da Jaffar e Lassez [7] come generalizzazione della LP in cui l'uguaglianza sintattica è estesa col concetto di equivalenza in un *dominio* di computazione i cui oggetti possano esser assoggettati a relazioni, dette *vincoli*. Di particolare interesse nel progetto sono i domini finiti (FD) e gli insiemi (Set). La CLP necessita solo dello sviluppo di un risolutore per vincoli del dominio scelto da innestare nella procedura risolutiva di Prolog. Attualmente esistono alcune versioni parallele di risolutori CLP, spesso basate sulla distribuzione dinamica e distribuita di parti dell'albero di ricerca.

Answer Set Programming (ASP) è un recente paradigma di LP che ha avuto molto successo in vari campi applicativi. La presenza di ottimi motori di inferenza ASP non è ad oggi sufficiente per affrontare i problemi del mondo reale a causa della mancanza di scalabilità. In particolare, una fase della risoluzione detta *grounding*, in cui si identificano le istanze del programma in cui le variabili sono istanziate con valori ammissibili, può essere proibitiva nello spazio occupato. Esistono ad oggi varie soluzioni parallele sia per la fase di grounding che per la ricerca vera e propria.

Descrizione del progetto ed obiettivi attesi.

In questo progetto ci proponiamo di studiare le potenzialità delle architetture di calcolo parallelo offerte dalle moderne GPGPU e di identificare parti dei motori Prolog e risolutori CLP(FD) e ASP che si prestano ad una parallelizzazione su tali architetture. A tale scopo ci concentreremo sulla formalizzazione del modello di calcolo parallelo specifico e sull'analisi degli algoritmi sequenziali e paralleli attualmente in uso, nell'ottica di una nuova ingegnerizzazione di parti di codice basate sulle funzionalità offerte dall'hardware.

Le architetture di calcolo GPGPU sono intrinsecamente parallele ed offrono nuove possibilità per migliorare l'efficienza di codice sequenziale. Tuttavia la migrazione di codice sequenziale o parallelo esistente richiede una rivisitazione dei tradizionali algoritmi con idee innovative.

Le GPGPU permettono di lavorare con schemi di programmazione parallela SIMD (Single Instruction Multiple Data), e allo stesso tempo, rispetto alle classiche configurazioni multicore o cluster, offrono una architettura più strutturata nella gerarchia di memoria, più limitata nelle operazioni consentite e più capace in termini di numero di processori.

Il cuore del progetto si dedicherà alla localizzazione di porzioni di codice parallelizzabili nei sistemi Prolog e ASP e alla loro riprogettazione secondo l'architettura GPGPU. I campi di applicazione, all'interno della Programmazione Logica sono molteplici. Ci proponiamo tre obiettivi:

Alto livello: offrire una versione di Prolog o ASP che utilizzi in modo trasparente e nativo le caratteristiche parallele di schede grafiche. Questo offrirebbe il vantaggio di poter utilizzare lo stesso programma Prolog o ASP, eventualmente corredato di estensioni sintattiche (facilities) per un miglior controllo, e di nascondere all'interno del sistema (in stile black box) la parallelizzazione sottostante.

Attualmente esistono poche versioni parallele di Prolog e quelle esistenti si riferiscono ad architetture cluster o multi-core. La possibilità di utilizzare una macchina a singolo processore con l'aggiunta di una scheda grafica dedicata al calcolo moltiplica le potenzialità di risoluzione. Inoltre, alcuni tra i massimi esperti di Programmazione Logica parallela si trovano alla New Mexico State University, USA (e.g., Enrico Pontelli, Son Cao Tran), dove Dal Palù trascorrerà un semestre per approfondire l'esperienza in merito e per offrire al progetto idee innovative, sia dal punto di vista delle ultime tecniche di parallelizzazione di motori e risolutori (Prolog, CLP e ASP), sia dal punto di vista dell'utilizzo delle più recenti capabilities dei dispositivi GPGPU.

Basso livello: studiare e re-implementare gli algoritmi alla base dei sistemi Prolog, CLP e ASP, basando il modello di calcolo sulla presenza di una architettura di tipo CUDA o OpenCL:

SLD-risoluzione di Prolog: l'esecuzione di programmi logici richiede generalmente di scegliere in modo indipendente diverse interpretazioni ammissibili di una clausola (or-parallelism); inoltre, all'interno di una clausola possono esserci diverse parti che possono essere calcolate in modo indipendente (and-parallelism). Tradizionalmente, queste due forme di parallelismo sono la strada più naturale per creare esecuzioni concorrenti. Prevediamo di estendere questi schemi paralleli insieme alla tail-recursion, pesantemente usata in Prolog, per creare nuove forme di calcolo parallelo adatto alle GPGPU;

Motori di risoluzione CLP: gli algoritmi classici di filtering di vincoli (anche globali) possono essere parallelizzati per esaminare in modo concorrente i domini delle variabili coinvolte nel vincolo. Più in generale, la procedura stessa di ricerca delle soluzioni ammissibili, mediante l'esplorazione di un albero di ricerca, può essere parallelizzata, ad esempio nella selezione della variabile e nell'espansione del livello successivo (labeling). Inoltre prevediamo di progettare e realizzare rappresentazioni di domini di variabili che permettano le prestazioni massime se utilizzati in concomitanza di GPGPU (sfruttare le bitmap grafiche per memorizzare domini espliciti, utilizzare gli shaders delle GPGPU per realizzare algoritmi di filtering efficienti).

ASP: prevediamo di studiare la parallelizzazione delle fasi di grounding e ricerca su GPGPU. Vogliamo anche integrare recenti idee come il lazy grounding [2] e una procedura di risoluzione top down [1].

Infine prevediamo di studiare come gli ultimi standard con supporto alla programmazione ad oggetti permettano di realizzare una versione parallela su GPU come estensione di risolutori CLP(FD) come Gecode [13].

Applicazioni Vogliamo affrontare alcuni scenari applicativi concreti e di dimensioni realistiche, in cui abbiamo maturato una notevole esperienza: la predizione di struttura tridimensionale di proteine mediante CLP(FD)[3, 4], linguaggi per il planning riconducibili ad ASP e CLP[6].

3 Attività del progetto (max 1 pag)

I partecipanti a questo progetto, pur attualmente afferendo a diverse sedi universitarie (Parma, Perugia ed Udine), hanno svolto e svolgono proficua attività di ricerca in stretta collaborazione. I duraturi (in alcuni casi più che decennali) rapporti di cooperazione scientifica e le numerose pubblicazioni prodotte, testimoniano l'alto grado di sinergia che accomuna i membri del progetto. Le attività nell'ambito di quest'ultimo mireranno quindi ad agevolare i contatti e la collaborazione, sia internamente al progetto, sia con le comunità scientifiche nazionale e internazionale. In quest'ottica, le attività principali previste, per lo svolgimento delle quali si richiede il finanziamento, possono essere schematizzate come segue:

- missioni di reciproca visita tra i partecipanti al progetto;
- missioni per partecipazione a conferenze, sia nazionali che internazionali, rilevanti per i temi del progetto;
- un incontro di lavoro strutturato in forma di "giornata di studio", coinvolgente tutti i partecipanti al progetto;
- invito (in occasione dell'incontro di lavoro) di uno o più ricercatori di rilevanza internazionale (esterni al progetto), esperti sulle tematiche del progetto, al fine di incentivare lo scambio di idee e proposte con ambienti esterni al progetto stesso.

4 Partecipanti al progetto

Partecipanti strutturati

1. **Responsabile:** Alessandro Dal Palù
Posizione: ricercatore
Affiliazione: Dip. di Matematica, Università di Parma
e-mail: alessandro.dalpalu@unipr.it
Pubblicazioni:

A. Dal Palù, A. Dovier, E. Pontelli. Enhancing the Computation of Approximate Solutions of the Protein Structure Determination Problem Through Global Constraints for Discrete Crystal Lattices. In proceedings of Computational Structural Bioinformatics Workshop (BIBM 07) November 4, 2007, San Jose, CA. (vol. 1, pp. 38-44). ISBN/ISSN: 9781424416042.

A. Dal Palù, J. He, E. Pontelli, Y. Lu. A Constraint Logic Programming approach to associate 1D and 3D structural components for large protein complexes. In International Journal of Data Mining and Bioinformatics, 1(4), 352-371, 2007.

A. Dal Palù, A. Dovier and E. Pontelli. A constraint solver for discrete lattices, its parallelization, and application to protein structure prediction. In Software: Practice and Experience DOI 10.1002/spe.810

Dal Palù, A. Dovier, S. Will. Introduction to the Special Issue on Bioinformatics and Constraints, Constraints Journal, Special Issue on Constraint based methods for Bioinformatics 13(1):1-2.

A. Dal Palù, A. Dovier, E. Pontelli, G. Rossi. GASP: Answer Set Programming with Lazy Grounding. In Lash 08 International Workshop on Logic and Search.

A. Dal Palù, A. Dovier, E. Pontelli, G. Rossi. GASP: Answer Set Programming with Lazy Grounding. In CILC 08 Convegno Italiano di Logica Computazionale.

F. Bergenti, A. Dal Palù, G. Rossi. Generalizing Finite Domain Constraint Solving. In CILC 08 Convegno Italiano di Logica Computazionale.

A. Dal Palù, A. Dovier, E. Pontelli, G. Rossi. GASP: Answer Set Programming with Lazy Grounding. Fundamenta Informaticae, 96 (2009) DOI 10.3233/FI-2009-180, 297-322, IOS Press.

F. Bergenti, A. Dal Palù, G. Rossi. Integrating Finite Domain and Set Constraints into a Set-based Constraint Language. Fundamenta Informaticae 96 (2009) DOI 10.3233/FI-2009-177, 227-252, IOS Press

A. Dal Palù, A. Dovier, E. Pontelli, G. Rossi. Answer Set Programming with Constraints using Lazy Grounding. In ICLP 09 International Conference of Logic Programming.

A. Dal Palù, A. Dovier, E. Pontelli. Logic Programming Techniques in Protein Structure Determination: Methodologies and Results. In LPNMR 09 International Conference on Logic Programming and Nonmonotonic Reasoning, 560-566 LNCS 5753 Springer 2009

A. Dal Palù, A. Dovier, F. Fogolari, and E. Pontelli CLP-based protein fragment assembly . Bio-Logical Workshop, AI*IA, 12th Dec 2009, Reggio Emilia.

2. **Partecipante:** Federico Bergenti

Posizione: ricercatore

Affiliazione: Dip. di Matematica, Università di Parma

e-mail: federico.bergenti@unipr.it

Pubblicazioni:

F. Bergenti, A. Dal Palù and Gianfranco Rossi. Integrating Finite Domain and Set Constraints into a Set-based Constraint Language. *Fundamenta Informaticae* 96(3):227252, IOS Press, 2009. ISSN: 0169-2968.

F. Bergenti. An Evolutionary Approach to Agent-based Pattern Classification. *Communications of SIWN*, 5:2327, Foresight Academy of Technology Press, 2008. ISSN: 1757-4439.

F. Bergenti and A. Poggi. Multi-Agent Systems for e-Health Services. In M. M. Cunha, A. Tavares and R. Simoes (eds.) *Handbook of Research on Developments in e-Health and Telemedicine*, 1-19, IGI Global, 2009. ISBN/ISSN: 1615206701.

F. Bergenti. Security, Privacy and Trust. In M. Schumacher, H. Helin, H. Schuldt (eds.) *CASCOM: Intelligent Service Coordination in the Semantic Web*, 309-328, Birkhauser, 2008. ISBN/ISSN: 978-3-7643-8574-3.

F. Bergenti. Toward a Probabilistic Model of Trust in Agent Societies. In A. Artikis, G. M. P. OHare, K. Stathis and G. Vouros (eds.) *Engineering Societies in the Agents World VIII*, Lecture Notes in Computer Science, 4995:270-283, Springer-Verlag, 2008. ISSN: 0302-9743.

F. Bergenti and A. Poggi. Multi-Agent Systems for e-Health: Recent Projects and Initiatives. In F. Bergenti (ed.) *Proceedings of the 10th Workshop Dagli Oggetti agli Agenti (WOA 2009)*, Seneca Edizioni, July 9 - 10, 2009, Parma, Italy. ISBN/ISSN: 978-88-6122-157-4.

F. Bergenti, L. Rossi and M. Tomaiuolo. Towards Automated Trust Negotiation in MAS. In F. Bergenti (ed.) *Proceedings of the 10th Workshop Dagli Oggetti agli Agenti (WOA 2009)*, Seneca Edizioni, July 9 - 10, 2009, Parma, Italy. ISBN/ISSN: 978-88-6122-157-4.

F. Bergenti and A. Poggi. Multi-Agent Systems for e-Health and the CASCOM Project. In M. Cossentino (ed.) *Proceedings of the 9th Workshop Dagli Oggetti agli Agenti (WOA 2008)*, Seneca Edizioni, November 17 - 18, 2008, Palermo, Italy. ISBN/ISSN: 978-88-6122-122-2.

F. Bergenti, A. Dal Palù and G. Rossi. Generalizing Finite Domain Constraint Solving. Presented at *Convegno Italiano di Logica Computazionale (CILC08)*, July 2008, Perugia, Italy.

3. **Partecipante:** Agostino Dovier

Posizione: professore associato

Affiliazione: Dip. di Matematica e Informatica, Università di Udine

e-mail: agostino.dovier@dimi.uniud.it

Pubblicazioni:

A. Dal Palù, A. Dovier, and E. Pontelli. A constraint solver for discrete lattices, its parallelization, and application to protein structure prediction. *SOFTWARE-PRACTICE AND EXPERIENCE*, Volume 37, Issue 13, Pages 1405-1449, 2007, IDS Number: 226SA ISSN: 0038-0644 DOI: 10.1002/spe.810

F. Fogolari, L. Pieri, A. Dovier, L. Bortolussi, G. Giugliarelli, A. Corazza, G. Esposito, P. Viglino. Scoring predictive models using a reduced representation of proteins: model and energy definition. *BMC Structural Biology* 7:15 (pp. 1-17), 2007. IDS Number: 161CM ISSN: 1471-2237 DOI: 10.1186/1472-6807-7-15.

Luca Bortolussi Agostino Dovier Federico Fogolari. *Agent-based Protein Structure Prediction Multiagent and Grid Systems*, IOS Press, Vol 3, No. 2, pp. 183-197, 2007.

A. Dal Palù, A. Dovier, and S. Will (guest editors) *Constraints*, Volume 13 Issue 1 February 13, 2008. Special Issue on Bioinformatics and Constraints. Introduction. DOI 10.1007/s10601-007-9030-z, IDS Number: 294LR, ISSN: 1383-7133.

A uniform approach to constraint-solving for lists, multisets, compact lists, and sets. *ACM Transaction on Computational Logic (TOCL)*. Volume 9, Number 3, May 2008. IDS Number: 323FF ISSN: 1529-3785 DOI: 10.1145/1352582.1352583.

A. Dal Palù, A. Dovier, E. Pontelli, and G. Rossi. GASP: Answer Set Programming with Lazy Grounding. *Fundamenta Informaticae* 96(3):297-322, 2009.

Applying Model-Checking to solve Queries on Semistructured Data *Computer Languages, Systems & Structures*. 25 (2009) pp. 143-172. doi:10.1016/j.cl.2006.11.002 (on line from Jan 26, 2007) IDS Number: 401WP ISSN: 1477-8424 .

A. Dovier, A. Formisano, and E. Pontelli. An Empirical Study of Constraint Logic Programming and Answer Set Programming Solutions of Combinatorial Problems *Journal of Experimental & Theoretical Artificial Intelligence*, Volume 21, Issue 2, June 2009, pages 79-121, DOI: 10.1080/09528130701538174, IDS Number: 448ER ISSN: 0952-813X.

A. Dovier, A. Dal Palù, E. Pontelli. Enhancing the Computation of Approximate Solutions of the Protein Structure Determination In Proceedings of the IEEE international conference on Bioinformatics and biomedicine workshops, 2-4 november 2007, Fremont california, IEEE isbn 978-1-4244-1604-2 pp. 38-44

R. Cipriano, A. Dovier, and M. Jacopo. Compiling and Executing Declarative Modeling Languages in Gecode. *Proc. of ICLP 2008*, LNCS 5366, pp. 744-748. Udine, Dec. 9-13, 2008. 2009

Alessandro Dal Palù, Agostino Dovier, Enrico Pontelli and Gianfranco Rossi. Answer Set Programming with Constraints using Lazy Grounding. *Proc of ICLP 2009*, July 14-17, Pasadena (USA). LNCS 5649, pp. 115-129.

Alessandro Dal Palù, Agostino Dovier, and Enrico Pontelli. Logic Programming Techniques in Protein Structure Determination: Methodologies and Results. *Proc. of LPNMR 2009*, 10th International Conference on Logic Programming and Nonmonotonic Reasoning, LNCS 5753, pp. 560-566 Potsdam, Germany, 14-18 September, 2009.

Andrea Formisano, Agostino Dovier, Enrico Pontelli. Representing Multi-Agent Planning in CLP *Proc. of LPNMR 2009*, 10th International Conference on Logic

Programming and Nonmonotonic Reasoning, LNCS 5753, pp. 423-429, Potsdam, Germany, 14-18 September, 2009.

Agostino Dovier and Enrico Pontelli. Present and Future Challenges for ASP Systems (Extended Abstract) Proc. of LPNMR 2009, 10th International Conference on Logic Programming and Nonmonotonic Reasoning, LNCS 5753, pp. 622-624, Potsdam, Germany, 14-18 September, 2009.

Raffaele Cipriano, Luca Di Gaspero, and Agostino Dovier. A Hybrid Solver for Large Neighborhood Search: Mixing Gecode and EasyLocal++. In HM 2009 6th International Workshop on Hybrid Metaheuristics. LNCS 5818, pp. 141-155, Udine, October 16-17, 2009.

A. Dal Palù, A. Dovier, E. Pontelli, and G. Rossi. GASP: Answer Set Programming with Lazy Grounding In LaSh 2008: LOGIC AND SEARCH Computation of structures from declarative descriptions. 2nd International Workshop on Logic and Search, Nov. 6-7th 2008, Leuven, Belgium.

Agostino Dovier and Jacopo Mauro. Constraint based implementation of a pddl-like language with static causal laws and time fluents. In CILC09: 24-esimo Convegno Italiano di Logica Computazionale, Ferrara, Italy, June 2009.

Agostino Dovier, Andrea Formisano, and Enrico Pontelli. Multi-agent planning in CLP. In CILC09: 24-esimo Convegno Italiano di Logica Computazionale, Ferrara, Italy, June 2009.

Andrea Calligaris, Dario Campagna, Cristian De Rosa, Agostino Dovier, Angelo Montanari, and Carla Piazza. A clp engine for a general purpose configuration tool. In CILC09: 24-esimo Convegno Italiano di Logica Computazionale, Ferrara, Italy, June 2009.

A hybrid approach mixing local search and constraint programming applied to the protein structure prediction problem. WCB'08 Workshop on Constraint Based methods for Bioinformatics. Paris, May 22th, 2008.

A Hybrid Solver for Large Neighborhood Search: Mixing Gecode and EasyLocal++ In RCRA 2009, Reggio Emilia, Dec. 2009.

Alessandro Dal Palù, Agostino Dovier, Federico Fogolari, Enrico Pontelli. Constraint-based Protein Fragment Assembly. In BIOLOGICAL 09 Logic-based approaches in Bioinformatics Workshop, Reggio Emilia, Dec 12, 2009

4. **Partecipante:** Andrea Formisano

Posizione: professore associato

Affiliazione: Dip. di Matematica e Informatica, Università di Perugia

e-mail: formis@dmi.unipg.it

Pubblicazioni:

A.Dovier, A.Formisano, E.Pontelli. Multivalued action languages with constraints in CLP(FD). In: 23rd Int'l Conference, ICLP 2007. LNCS 4670, pp.255-270.

Springer. 2007. ISSN:0302-9743, ISBN:978-3-540-74608-9, DOI:10.1007/978-3-540-74610-2_18.

S.Costantini, A.Formisano. Modeling preferences and conditional preferences on resource consumption and production in ASP. *J. of Algorithms*, 64(1), pp.3-15. Elsevier 2009. IDS:458AT, ISSN:0196-6774, DOI:10.1016/j.jalgor.2009.02.002.

A.Dovier, A.Formisano, E.Pontelli. An experimental comparison of constraint logic programming and answer set programming. *Proceedings of the Twenty-Second AAAI Conference on Artificial Intelligence*. pp.1622-1625. AAAI Press. 2007. ISBN:978-1-57735-323-2.

A.Dovier, A.Formisano, E.Pontelli. An empirical study of constraint logic programming and answer set programming solutions of combinatorial problems. *J. Exp. Theor. Artif. Intell.*, 21(2):79–121, 2009. IDS:448ER, ISSN:0952-813X. DOI: 10.1080/09528130701538174.

A.Dovier, A.Formisano, E.Pontelli. Representing multi-agent planning in CLP. *Logic Programming and Nonmonotonic Reasoning*, 10th Int'l Conference, LPNMR 2009. LNCS 5753, pp 423-429. Springer. ISSN:0302-9743, ISBN:978-3-642-04237-9, DOI:10.1007/978-3-642-04238-6_37.

S.Costantini, A.Formisano. Answer set programming with resources. *J. of Logic and Computation*. Advance Access published online, Oxford, 2009. ISSN:0955-792X, DOI:10.1093/logcom/exp071.

A.Capotorti, A.Formisano. Comparative uncertainty: theory and automation. *Mathematical Structures in Computer Science*, 18(1), pp.57-79. Cambridge Univ. Press. 2008. IDS:291WJ, ISSN:0960-1295, DOI:10.1017/S0960129507006561.

5. **Partecipante:** Gianfranco Rossi

Posizione: professore ordinario

Affiliazione: Dip. di Matematica, Università di Parma

e-mail: gianfranco.rossi@unipr.it

Pubblicazioni:

A. Dal Palù, A. Dovier, E. Pontelli, and G. Rossi. GASP: Answer Set Programming with Lazy Grounding *Fundamenta Informaticae*, IOS Press (ISSN: 0169-2968), vol. 96, 297-322, 2009.

F. Bergenti, A. Dal Palù, and G. Rossi. Integrating Finite Domains and Set Constraints into a Set-based Constraint Language *Fundamenta Informaticae*, IOS Press (ISSN: 0169-2968), vol. 96, 227-252, 2009.

A. Dal Palù, A. Dovier, E. Pontelli, and G. Rossi. Answer Set Programming with Constraints using Lazy Grounding In P.M.Hill, D.S.Warren (Eds.), *Logic Programming, 25th International Conference, ICLP2009, Lecture Notes in Computer Science*, Springer-Verlag, vol. 5649 (ISBN: 978-3-642-02845-8), 115-129, 2009.

G. Rossi. From Set Unification to Set Constraints In *Il Milione* (i.e. 2⁶, June 3rd 2008), A Journey in the Computational Logic in Italy, Proc. of the Day

Dedicated to Prof. Alberto Martelli, Turin, Italy, June 3, 2008, 20-25, CEUR Workshop Proceedings, Vol. 487 (ISSN 1613-0073), 2009.

A. Dal Palù, A. Dovier, E. Pontelli, and G. Rossi. GASP: Answer Set Programming with Lazy Grounding In LaSh 2008: LOGIC AND SEARCH - Computation of structures from declarative descriptions, 2nd International Workshop on Logic and Search, Nov. 6-7th 2008, Leuven, Belgium.

F. Bergenti, A. Dal Palù, and G. Rossi. Generalizing Finite Domain Constraint Solving Presented at CILC'08 - Convegno Italiano di Logica Computazionale, Perugia, July 2008.

A. Dal Palù, A. Dovier, E. Pontelli, and G. Rossi. GASP: Answer Set Programming with Lazy Grounding Presented at CILC'08 - Convegno Italiano di Logica Computazionale, Perugia, July 2008.

A. Dovier, C. Piazza, and G. Rossi. A uniform approach to constraint-solving for lists, multisets, compact lists, and sets. ACM Transactions on Computational Logic (ISSN: 1529-3785), Volume 9, Number 3, May 2008.

G. Rossi, E. Panegai, and E. Poleo. JSetL: a Java Library for Supporting Declarative Programming in Java. Software-Practice & Experience (ISSN: 0038-0644), 37:115-149, 2007.

Partecipanti non strutturati

6. **Partecipante:** Luca Chiarabini

Posizione: assegnista di ricerca

Affiliazione: Dip. di Matematica, Università di Parma

e-mail: luca.chiarabini@unipr.it

Pubblicazioni:

L. Chiarabini. Extraction of Efficient Programs from Proofs: The Case of Structural Induction over Natural Numbers, *Computability in Europe (CIE08)* Athens, Greece (2008)

L. Chiarabini and Philippe Audebaud. New Development in Extracting Tail Recursive Programs from Proofs, with Philippe Audebaud, *Logic-Based Program Synthesis and Transformation (LOPSTR09)* Coimbra, Portugal (2009)

L. Chiarabini. Automatic Synthesis of an Efficient Algorithm for the Similarity of Strings Problem, *Automated Formal Methods (AFM09)* Grenoble, France (2009)

5 Budget di previsione

Voce	Keuro	Descrizione
Missioni	6	<i>dettagli specificati sotto</i>
Visitatori	1	<i>dettagli specificati sotto</i>
Giornata di studio	1	<i>dettagli specificati sotto</i>
Totale	8	

Tabella 1: Quadro riassuntivo delle spese del progetto

Missioni: Le missioni includono visite reciproche dei partecipanti al progetto e partecipazione a workshop, conferenze sia nazionali che internazionali all'interno delle tematiche del progetto. In particolare, nel 2011 si svolgerà il convegno internazionale CP 2011 a Perugia, di rilevanza notevole per il progetto e sede del workshop satellite WCB 2011 (Workshop on Constraint based methods for Bioinformatics) organizzato da Dal Palù, Dovier e Formisano. Inoltre prevediamo la partecipazione al CILC 2011, il convegno nazionale sulla programmazione logica. Per motivi logistici e di praticità, prevediamo che una delle due conferenze possa essere un'ottima occasione per ospitare a seguito anche il meeting del presente progetto.

Visitatori: Prevediamo, in occasione dell'incontro di lavoro, di invitare uno o più ricercatori di rilevanza internazionale ed esterni al progetto. Lo scambio di idee e confronto scientifico con altri esperti sarà di stimolo per migliorare ed arricchire il progetto.

Giornata di studio: Prevediamo una giornata di lavoro in cui tutti i partecipanti avranno modo di incontrarsi fisicamente per lavorare insieme al progetto.

Riferimenti bibliografici

- [1] P. A. Bonatti, E. Pontelli, T. C. Son. Credulous resolution for answer set programming. AAAI 2008, July 13-17, 2008.
- [2] A. Dal Palù, A. Dovier, E. Pontelli, G. Rossi. GASP: Answer Set Programming with Lazy Grounding. *Fundamenta Informaticae*, 96 (2009) DOI 10.3233/FI-2009-180, 297-322, IOS Press.
- [3] A. Dal Palù, A. Dovier, F. Fogolari, E. Pontelli CLP-based protein fragment assembly . *Theory and Practice of Logic Programming*, special issue dedicated to ICLP 2010. 10(4-6): pp 709-724, July 2010
- [4] A. Dal Palù, A. Dovier, F. Fogolari. Constraint Logic Programming approach to protein structure prediction. *BMC Bioinformatics* 2004, 5:186, 30 November 2004
- [5] A. Dovier and E. Pontelli eds. A 25 Year Perspective on Logic Programming Achievements of the Italian Association for Logic Programming, GULP. Springer-Verlag LNCS Vol. 6125.

- [6] A. Dovier, A. Formisano, E. Pontelli. An Empirical Study of Constraint Logic Programming and Answer Set Programming Solutions of Combinatorial Problems *Journal of Experimental & Theoretical Artificial Intelligence*, Volume 21, Issue 2, June 2009, pages 79-121, DOI: 10.1080/09528130701538174, IDS Number: 448ER ISSN: 0952-813X.
- [7] J.Jaffar, J.L.Lassez. Constraint logic programming. *POPL* 1987.
- [8] R. Kowalski. Predicate logic as logic programming language. *Proc. of IFIP, congress 74*, 569–574, 1974.
- [9] NVIDIA. CUDA Programming Guide V3.0, 2010.
- [10] <http://www.khronos.org/opencv/>
- [11] J. D. Owens et al. GPU Computing, *Proceedings of the IEEE*, 96(5):879–899, May 2008.
- [12] M.C. Schatz, C. Trapnell, A.L. Delcher, A. Varshney. High-throughput sequence alignment using Graphics Processing Units. *BMC Bioinformatics* 8:474, 2007.
- [13] C. Schulte, M. Lagerkvist, G. Tack. *Gecode: generic constraint development environment*. www.gecode.org
- [14] A. D. Stivala, P. J. Stuckey, A. I. Wirth. Fast and accurate protein substructure searching with simulated annealing and GPUs. *BMC Bioinformatics*. 3;11:446, Sep 2010.