15/06/05

INFORMAZIONI ESSENZIALI PER LA PAGINA WEB DEL CIRA

1. DATI PERSONALI E BIOGRAFICI

Nome e cognome		**Saverio Mascolo**
Luogo e data di nascita:		Bari, 1° marzo 1966.
Posizione:	.	Professore associato nel SSD ING/INF-04 Automatica presso il Dipartimento di Elettrotecnica ed Elettronica del Politecnico di Bari
Email:		mascolo@poliba.it
Tel:		080 5963621
Homepage		http://www-dee.poliba.it/dee-web/info.html

1.1 FORMAZIONE

- 19/07/1991 **Laurea in Ingegneria Elettronica** conseguita presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università degli Studi di Bari riportando la votazione di 110/110 e lode, discutendo la Tesi in Controlli Automatici dal titolo: "Scheduling nei Sistemi di Produzione Flessibili: Politiche di Priorità", relatori i proff. Bruno Maione e Biagio Turchiano.

- 11/1991 **Abilitazione all'esercizio della professione d'ingegnere** presso l'Università degli Studi di Bari.

- 1992–1995 **Dottorato di Ricerca** in Ingegneria Elettrotecnica, indirizzo Automazione Industriale, discutendo la Tesi "Situazioni di Stallo nei Sistemi Flessibili di Produzione: Diagnosi e Prevenzione".

- 07/1994 **Vincitore di una borsa di studio**, nel concorso bandito dal Politecnico di Bari, per la frequenza di corsi di perfezionamento presso istituzioni estere di livello universitario per la durata complessiva di un anno.

- 01/1995–10/1995 **Visiting Scholar** al Dipartimento di Computer Science dell'Università della California a Los Angeles. Ha lavorato con il gruppo di Data networking diretto dai Proff. Mario Gerla e L. Kleinrock.

- 02/1996–04/1996 **Visiting Scholar** at the Computer Science Department of the University of California, Los Angeles.

- 10/1998 **Vincitore di una borsa di studio** del Consiglio Nazionale delle Ricerche (Bando n. 203.07.26) per svolgere attività di studio e di ricerca presso il Computer Science Department dell'Università della California a Los Angeles per un periodo di sei mesi.

1.2 POSIZONI ACCADEMICHE RICOPERTE

- 11/1995–2/2001 **Ricercatore Universitario** nel SSD ING/INF 04 presso il DEE del Politecnico di Bari.

- 09/1999–02/2000 **Visiting Researcher** al Dipartimento di Computer Science dell'Università della California a Los Angeles (in congedo straordinario per motivi di studio dal Politecnico di Bari).

- 03/2001-presente **Professore associato** nel SSD ING/INF 04 presso il DEE del Politecnico di Bari.

- 12/2003- presente **Membro eletto** nella Giunta del Consiglio del Dipartimento di Elettrotecnica ed Elettronica.

2. PUBBLICAZIONI

La produzione scientifica del prof. Saverio Mascolo comprende un totale di 89 pubblicazioni internazionali di cui: 30 pubblicazioni su riviste internazionali, delle quali cui 8 contenute in *Special Issues*, 3 pubblicazioni su invito per altrettanti capitoli di libri monografici a diffusione internazionale, 59 pubblicazioni su atti di congressi internazionali (di cui 5 invited paper), una pubblicazione a congresso nazionale, una Tesi di Dottorato, 3 brevetti italiani, 2 brevetti USA e 2 brevetti internazionali (PCT).

Pubblicazioni su Riviste internazionali accettate con il sistema di peer-review

[J30] S. Mascolo,
"Modeling the TCP/IP congestion control as a time-delay system"
In stampa **Control Engineering Practice**, Elsevier, 2005

[J29] L. A. Grieco and S. Mascolo,
"Mathematical analysis of Westwood+ TCP congestion control"
IEE PROCEEDINGS-CONTROL THEORY AND APPLICATIONS, 152 (1): 35-42 JAN 2005.

[J28] G. Boggia, P. Camarda, L. A. Grieco, S. Mascolo,
"Feedback based Bandwidth Allocation with Call Admission Control for Providing Delay Guarantees in IEEE 802.11e Networks",
Computer Communications, Volume 28, Issue 3, 24 February 2005, Pages 325-337

[J27] D. CAVENDISH, S. MASCOLO, M. GERLA,
"A Control Theoretical Approach to Congestion Control in Packet Networks"
IEEE/ACM Transactions on Networking, vol. 12, no. 5, pp. 893-906, October 2004. **(Regular paper).**

[J26] L. A. Grieco, S. Mascolo,
"Performance Evaluation and Comparison of Westwood+, New Reno, and Vegas TCP Congestion Control"
ACM Computer Communication Review, vol. 34, no. 2, April 2004. (**Regular paper**)

[J25] L.A. GRIECO, S. MASCOLO,
"Adaptive Rate Control for Streaming Flows over the Internet"
ACM Multimedia Systems Journal, Volume 9, Number 6, June 2004, Pages: 517 – 532, **Regular paper)**

[J24] L. A. Grieco, S. Mascolo,
"Intraprotocol Fairness and Interprotocol Friendliness of the TFRC Congestion Control Algorithm",
IEE Electronics Letters, 4th March 2004, vol. 40, no. 5.

[J23] S. Mascolo, L.A. Grieco, E. di Sciascio,
"ETERCA: An End-to-end Rate Control Algorithm for Packet Switching Networks",
Journal of High Speed Networks, issue no.2, vol. 13, March 2004, IOS Press, The Netherlands. (Regular paper)

[J22] S. MASCOLO,
"Dead-time and Feed-forward Disturbance Compensation for Congestion Control in Data Networks,"
International Journal on System Science, vol. 34, no. 10-11, pp. 627-639, Aug-Sept. 2003, *Special Issue on "Time Delay Systems: Telecommunication Applications"*, Taylor and Francis Group. **(Regular invited paper).**

[J21] S. MASCOLO, L. A. GRIECO, R. FERORELLI, P. CAMARDA , G. PISCITELLI
"Performance evaluation of Westwood+ TCP congestion control"

Performance Evaluation, 55 (2004), pp. 93-111, *Special Issue with Selected papers from Golbecom 02*, Elsevier, North-Holland, January 2004. **(Regular paper).**

[J20] C. CASETTI, M. GERLA, S. MASCOLO, M. SANADIDI, R. WANG
"TCP Westwood: end-to-end bandwidth estimation for enhanced transport over wireless links", **ACM Wireless Networks**, (Special issue with *Selected papers from Mobicom 2001*), vol. 8, no. 5, pp.467-479, Sept. 2002. Kluwer Academic Publisher. **(Regular paper).**

[J19] M. GERLA, R. LOCIGNO, S. MASCOLO, W. WENG,
"Generalized Window Advertising for TCP Congestion Control",
European Transactions on Telecommunications, no. 6, pp. 549-562, Nov/Dec. 2002. (Regular paper).

[J18] G. GRASSI, S. MASCOLO,
"A systematic procedure for synchronizing hyperchaos via observer design",
Journal of Circuits, Systems, and Computers, Vol. 11, No. 1 (2002) 1-16, World Scientific Publishing Company. **(Letter)**

[J17] S. MASCOLO,
"Smith's Principle for Congestion Control in High Speed Data Networks",
IEEE Trans. on Automatic Control, vol. 45, no. 2, Feb 2000, pp. 358–364. **(Technical Note).**

[J16] S. MASCOLO,
"Congestion control in high-speed communication networks using the Smith principle",
Automatica, A Journal of the International Federation of Automatic Control, vol. 35, no. 12, Dec. 1999, pp. 1921-1935. Special Issue on "***Control methods for communication networks".*** **(Regular paper).**

[J15] S. MASCOLO, D. CAVENDISH, M. GERLA,
"ATM Rate Based Congestion Control Using a Smith Predictor",
Performance Evaluation, **Special Issue on "ATM Traffic Control"**, vol. 31, no. 1-2, Nov. 1997, pp. 51-65, Elsevier, North-Holland. **(Regular paper).**

[J14] G. GRASSI, S. MASCOLO,
"Nonlinear observer design to synchronize hyperchaotic systems via a scalar signal",
IEEE Trans. on Circuits and Systems, part I: Fundamental Theory and Applications, vol. 44, no. 10, October 1997, pp. 1011–1014. **Special Issue on "Chaos Synchronization, Control, and Applications",** Eds. P. Kennedy, and M..J. Ogorzalek. **(Brief)**

[J13] G. GRASSI, S. MASCOLO,
"Synchronization of hyperchaotic oscillators using a scalar signal",
IEE Electronics Letters, 5 March 1998, vol.34, (no.5):424-425

[J12] G. GRASSI, S. MASCOLO,
"Synchronizing high dimensional Chaotic systems via eigenvalues placement with applications to cellular neural networks",
International Journal of Bifurcation and Chaos in Applied Sciences and Engineering, April 1999, vol.9, (no.4):705-11. **(Regular paper)**

[J11] G. GRASSI, S. MASCOLO,
"Synchronizing hyperchaotic systems by observer design",
IEEE Transaction on Circuits and Systems, part II:Analog and Digital Signal Processing, vol. 46, no. 4, April 1999, pp. 478–482. **(Brief)**

[J10] G. GRASSI, S. MASCOLO,
"Synchronization of high-dimensional chaos generators by observer design",
International Journal of Bifurcation and Chaos in Applied Sciences and Engineering, June 1999, vol.9, (no.6):1175-80. **(Regular paper)**

[J9] G. GRASSI, S. MASCOLO,

"Chaos Synchronization in high-order circuits and time-delay systems using observers",
IEE Electronics Letters, 27 May 1999, vol.35, (no.11):939-40.

[J8] G. GRASSI, S. MASCOLO,
"Observer Design for Cryptography based on Hyperchaotic Oscillators",
IEE Electronics Letters, 17 Sept. 1998, vol.34, (no.19):1844-6

[J7] G. GRASSI, S. MASCOLO,
"A System Theory Approach for Designing Cryptosystems Based on Hyperchaos",
IEEE Transaction on Circuits and Systems, Part I: Fundamental Theory and Applications, vol. 46, n. 9, Sept. 1999, pp.1135-1138. **(Brief)**

[J6] G. GRASSI, S. MASCOLO,
"Synchronization of high-order oscillators by observer design with application to hyperchaos-based cryptography",
Int. Journal of Circuit Theory and Applications,
Special Issue on Communications, Information Processing and Control using Chaos, vol. 27, 543-553 (1999), John Wiley & Sons. **(Regular paper)**

[J5] S. MASCOLO, G. GRASSI,
"Controlling chaos via backstepping design",
Physical Review E (Statistical Physics, Plasmas, Fluids, and Related Interdisciplinary Topics), vol. 56, no. 5-B, Nov. 1997, The American Physical Society, pp. 6166–6169. **(Brief).**

[J4] S. MASCOLO, G. GRASSI,
"Controlling chaotic dynamics using backstepping design with application to the Lorenz system and Chua's circuit
International Journal of Bifurcation and Chaos in Applied Sciences and Engineering, vol. 9, n. 7, July 1999, pp. 1425-1434. **(letters)**

[J3] P. FANTI, B. MAIONE, S. MASCOLO, B. TURCHIANO,
"Event-based Feedback Control for deadlock Avoidance in Flexible Production Systems",
IEEE Trans. on Robotics and Automation, vol. 13, No. 3, June 1997, pp. 347–363. **(Regular paper)**

[J2] P. FANTI, B. MAIONE, S. MASCOLO, B. TURCHIANO,
"Performance of Deadlock Avoidance Algorithms in Flexible Manufacturing Systems",
Journal of Manufacturing Systems, vol. 13, no.3, 1996, pp. 164–178, Society of Manufacturing Engineers. **(Regular paper)**

[J1] P. FANTI, B. MAIONE, S. MASCOLO, B. TURCHIANO,
"Low-cost Deadlock Avoidance Policies for Flexible Production Systems",
International Journal of Modelling and Simulation, vol. 17, no. 4, pp. 310-316, 1997, Iasted, **(Regular paper)**

Pubblicazioni contenute in libri

[B.1] S. MASCOLO,
"Linear Control Theory for Modelling, Designing, and Performance Evaluation of ATM Congestion Control Algorithms",
Chapter V of the IV vol. of the IFIP book on Performance of ATM Networks,
D. D. Kouvatsos Editor, Kluwer Academic Publisher, USA (Oct. 2000), ISBN 0412836408.

[B.2] S. MASCOLO, M. GERLA,
"Asynchronous Transfer Mode (ATM) Congestion Control Techniques and Applications in Communication and Data Network Systems",
Invited chapter to the volume on *"Database and Data Communication Network Systems Techniques and Applications"*
Academic Press, Cornelius T. Leondes Editor, ISBN: 0124438954; 1st edition (July 2, 2002)

[B.3] S. Mascolo,
"Modelling and designing the Internet congestion control"
Invited contribution to the volume "Advances in Communication Control Networks."
Springer-Verlag Editors S. Tarbouriech (LAAS-CNRS), C.T. Abdallah (University of New Mexico), and J. Chiasson (University of Tennessee). ISBN: 3-540-22819-5. Lectures Notes in Control and Information Sciences, Sprinter, Vol. LNCIS 308, pp. 137-158, September 2004.

Pubblicazioni su atti di congressi internazionali accettate con il sistema di peer-review

[C59] S. Mascolo, F. Vacirca,
"Issues in Performance Evaluation of New TCP Stacks in High Speed Networks"
International Symposium on Performance Evaluation of Computer and Telecommunication Systems (SPECTS '05), July 24 - 28, 2005, Philadelphia, Pennsylvania.

[C58] L. A. Greco, S. Mascolo,
"Congestion control for the Internet planetary paths",
16th International Federation Automatic Control (IFAC) World Congress, July 4-8, 2005 Praga. **Sessione invitata** organizzaza da S. Mascolo su "Control methods for communication networks".

[C57] G. Boggia, P. Camarda, F. A. Favia, L. A. Grieco, and S. Mascolo. Providing Delay Guarantees and Power Saving in IEEE 802.11e Networks.
Proceedings of the 3rd International Conference on Wired/Wireless Internet Communications (WWIC'05), Xanthi, Greece, May 2005.

[C56] G. Boggia, P. Camarda, L. A. Grieco, S. Mascolo, and M. Nacci. Performance Evaluation of a Feedback Based Dynamic Scheduler for 802.11e MAC.
Proceedings of the 3rd International Workshop on QoS in Multiservice IP Networks (QoSIP'05), Catania, Italy, February 2005.

[C55] S. Mascolo and G. Racanelli,
"Testing TCP Westwood+ over Transatlantic Links at 10 Gigabit/Second rate",
Third International Workshop on Protocols for Fast Long-Distance Networks, February 3,4 2005, Laboratoire de l'Informatique du Parallélisme**,** Ecole Normale Supérieure, LYON, FRANCE.

[C54] S. Mascolo, L.A. Grieco,
"TCP for Deep Space Communications Paths",
Tracking, Telemetry and Command Systems for Space Applications, TTC 2004, 7 – 9 September 2004 ESOC Darmstadt, Germany *Organised by the European Space Agency (ESA*

[C53] G. Boggia, P. Camarda, L. A. Grieco, T. Larocca, and S. Mascolo,
A Call Admission Control with Dynamic Bandwidth Allocation for providing delay guarantees in IEEE 802.11e Networks. In proceedings of the **Seventh International Symposium on Wireless Personal Multimedia Communications** (WPMC'04), Abano Terme, Italy 12-15 September 2004.

[C52] M. di Bernardo, L. A. Grieco, S. Manfredi, and S. Mascolo,
Design of robust AQM controllers for improved TCP Westwood congestion control.
In **Proceedings of the 16th International Symposium on Mathematical, Theory of Networks and Systems** (MTNS 2004), Katholieke Universiteit Leuven, Belgium, June 2004.

[C51] G. Boggia, P. Camarda, M. Castellano, O. Fiume, L. A. Grieco, and S. Mascolo,
"A Collision Free MAC Protocol for Energy Saving in Wireless Ad Hoc Networks",
In Proceedings of the **InternationalWorkshop on Wireless Ad-hoc Networks** (IWWAN'04), Oulu, Finland, May 2004.

[C50] L. A. Grieco, S. Mascolo,
"Efficiency, Fairness and Friendliness Evaluation of TFRC and ARC"
(**Invited paper**), **IEEE and Eurasip First International Symposium on Control, Communications and Signal Processing**, 21-24 March 2004, pages353-356, Hammamet, Tunisia.

[C49] A. Annese, G. Boggia, P. Camarda, L.A. Grieco, S. Mascolo,
"A HCF-based bandwidth allocation algorithm for 802.11e MAC"
IEEE Proc. Vehicular Technology Conference 2004 Spring, Milan, Italy 17-19 May, 2004.

[C48] A. Dell'Aera, L. A. Grieco, S. Mascolo,
"Linux 2.4 Implementation of Westwood+ TCP with rate-halving: A Performance Evaluation over the Internet",
IEEE International Conference on Communications (ICC04), Paris, France, 7-9 June 2004.

[C47] L. A. Grieco, G. Boggia, S. Mascolo, and P. Camarda,
"A control theoretic approach for supporting quality of service in Ieee 802.11e WLANs with HCF",
42nd **IEEE Conference on Decision and Control** (**CDC 2003**), December 2003.

[C46] L. A. Grieco and S. Mascolo,
"Performance evaluation of Westwood+ TCP over WLANs with Local Error Control"
Proceedings of the the 28th Annual **IEEE Conference on Local Computer Networks** (**LCN 2003**), Bonn/Königswinter, Germany, October 20-24, 2003.

[C45] G. Boggia, P. Camarda, C. Di Zanni, L. A. Grieco, and S. Mascolo,
"A dynamic bandwidth allocation algorithm for ieee 802.11e WLANs with HCF access method"
Proceedings of the Fourth COST 263 International Workshop on Quality of Future Internet Services (QoFIS 2003), Royal Swedish Academy of Engineering Sciences, Stoccolma, October 2003, p.142-151, Lectures Notes on Computer Science, Spinger Verlag, ISBN 3-540-20192-0.

[C44] S. Mascolo,
"Modeling the Internet Congestion Control as a Time Delay System: A Robust Stability Analysis"
IFAC Workshop on Time-delay Systems, Inria, Rocquencourt, 8-10 September, 2003.

[C43] L. A. Grieco and S. Mascolo.
"A mathematical model of Westwood+ TCP congestion control algorithm"
Proceedings of the *18th International Teletraffic Congress (ITC-18)*, Berlin, Germany, 31-August, 5 September 2003, Elsevier, ISBN 0444514554

[C42] L. A. GRIECO, S. MASCOLO,
"Adaptive Rate Control for Internet Video Streaming,"
European Control Conference 2003, Cambridge U.K., Sept. 2003.

[C41] L. A. Grieco and S. Mascolo.
"End-to-end bandwidth estimation algorithms for Westwood TCP congestion control"
In 25th **International Conference Information Technology Interfaces** (ITI 2003), Cavtat, Croatia, June 2003.

[C40] L. A. Grieco, S. Mascolo,
"End-to-End Bandwidth Estimation for Congestion Control in Packet Networks",
In Marco Ajmone Marsan, Giorgio Corazza, Marco Listanti, and Aldo Roveri, editors, Quality of Service in Multiservice IP Networks, **Proceeding of the Second International Workshop, QoS-IP 2003**, Milano, Italy, February 2003, Lectures Notes on Computer Science 2601, p.645-658, Spinger Verlag, ISBN 3-540-00604-4.

[C39] S. MASCOLO, L. A. GRIECO,
"Additive Increase Early Adaptive Decrease Mechanism for TCP Congestion Control",
IEE and IEEE International Conference on Telecommunications (ICT), pages 818–825, Papeete, French Polynesia, February 2003.

[C38] L. A. GRIECO, S. MASCOLO,
"Smith's Predictor and Feedforward Disturbance Compensation for ATM congestion control",
IEEE Conference on Decision and Control, Las Vegas, Usa, Dec. 2002.

[C37] R. FERORELLI, L. A. GRIECO, S. MASCOLO, G. PISCITELLI, P. CAMARDA,
"Live Internet Measurements Using Westwood+ TCP Congestion Control",
IEEE Globecom 2002, Taipei, Taiwan.

[C36] S. MASCOLO, L. A. GRIECO, P. CAMARDA,
"Performance Evaluation of TCP over satellite paths,"
European Mobile/Personal Satcoms Conference, September 25-26, 2002 Baveno/Stresa, Lake Maggiore, Italy.

[C35] L. A. GRIECO, S. MASCOLO, R. FERORELLI,
"Additive Increase Adaptive Decrease Congestion Control: a Mathematical Model and Its Experimental Validation,
IEEE Int. Symposium on Computer and Communications, Giardini Naxos, Italy, July 2002.

[C34] L. A. GRIECO, S. MASCOLO, E. DI SCIASCIO,
"A Mathematical Model for the Steady State Throughput of the Westwood TCP Congestion Control Algorithm",
Proceedings of the 24rd International Conference on Information Technology Interfaces ITI 2002. (IEEE Cat. No.01EX491), Dubrovnik, Croatia, June 2002.

[C33] L.A. GRIECO, S. MASCOLO,
"TCP Westwood and Easy RED to Improve Fairness in High-Speed Networks",
Proc. of the Seventh International Workshop on Protocols For High-Speed Networks (PfHSN'2002), April 22 - 24, 2002 Berlin, Germany. Collezione published by **Lecture Notes on Computer Science** (Lcns), Springer Verlag, ISBN 3-540-43658.

[C32] S. MASCOLO, A. GRIECO, G. PAU, M. GERLA, C. CASETTI,
"End-to-End Bandwidth Estimation in TCP to Improve Wireless Link Utilization",
(Invited paper) European Wireless Conference, Florence, Italy, Feb. 2002

[C31] M. GERLA, M. SANADIDI, R. WANG, A. ZANELLA, C. CASETTI, S. MASCOLO
"TCP Westwood: Window Control Using Bandwidth Estimation",
IEEE Global Communication Conference (Globecom), Sant'Antonio, Texas, Nov. 2001.

[C.30] S. MASCOLO
"Insights into TCP/IP congestion control using the Smith principle",
European Control Conference, **Porto, Portugal**, **Sept. 2001**.

[C29] S. MASCOLO, G. GRASSI,
"On a structural property of a class of chaotic systems",
European Control Conference, **Porto, Portugal**, **Sept. 2001**.

[C28] S. MASCOLO, C. CASETTI, M. GERLA, S. LEE, M. SANADIDI,
"TCP Westwood: bandwidth estimation for enhanced transport over wireless links",
Proceedings of ACM Mobicom, Rome, Italy, July 2001.

[C27] S. MASCOLO, G. GRASSI,
"Controlling chaotic systems with disturbance: a new approach based on backstepping and nonlinear damping",
IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS'01), Sidney, Australia, May **2001, pp. 253-6.**

[C26] MASCOLO, S.; DI SCIASCIO, E.; GRIECO, A.,
"End-to-end congestion control and bandwidth estimation in high speed ATM networks",
Proceedings of the 23rd International Conference on Information Technology Interfaces ITI 2001. (IEEE Cat. No.01EX491)., Pula, Croatia, 19-22 June 2001. Edited by: Kalpic, D.; Dobric, V.H. Zagreb, Croatia: Univ. Zagreb, 2001. p. 57-62 vol.1.

[C25] G. GRASSI, S. MASCOLO,
"Driving cryptosystems with hyperchaotic signals: an approach involving linear observers",
IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS2000), Geneve 28-31 2000, pp. 501-4

[C24] S. MASCOLO, A. GRIECO, E. DI SCIASCIO, M. GERLA,
" End to End Congestion Control and Bandwidth Measurement in High Speed ATM Networks",
IEEE Asynchronous Transfer Mode (ATM) 2000 Int. Conferene, Hidelberg, June 2000.

[C23] G. GRASSI, S. MASCOLO,
"A unified tool for synchronizing chaos in high-order circuits and time delay systems using a scalar signal", **IEEE Int. Conf. on Nonlinear Dynamics of Electronic Systems, (NDES),** Catania 18-20 May 2000

[C22] S. MASCOLO, G. GRASSI,
'Controlling chaotic systems with disturbance using backstepping design and nonlinear damping",
IEEE Int. Conf. on Control of Oscillation and chaos(COC2000), St. Petersburg, 5-7 July 2000.

[C.21] C. CASETTI, M. GERLA, S. LEE, S. MASCOLO, M. SANADIDI,
"TCP with faster recovery",
IEEE Milcom 2000, Proceedings 21st Century Military Communications. Architectures and Technologies for Information Superiority Los Angeles, CA, USA, 22-25 Oct. 2000, p. 320-4 vol.1.

[C20] S. MASCOLO
"Classical Control Theory for Congestion Avoidance in High Speed Internet"
Invited paper, IEEE Conf. on Dec. and Control, Dec. 1999, pp. 2709, 2714, Phoenix, Az.

[C19] S. MASCOLO
"Smith's principle for Congestion Control in TCP Internet Protocol"
Proc. of American Control Conference, 2-4 June 1999, S. Diego, vol. 6, pp. 4441-5.

[C18] G. GRASSI, S. MASCOLO
"Hyperchaos-based secure communications by observer design"
Proc. of the 7th **International Workshop on Nonlinear Dynamics of Electronic Systems (NDES '99),** Island of Bornholm, Denmark, pp. 157-160, July 15-17, 1999.

[C17] S. MASCOLO, G. GRASSI,
"Backstepping design for controlling chaotic Chua's circuit"
Proc. of the 7th **International Workshop on Nonlinear Dynamics of Electronic Systems (NDES '99)**, Island of Bornholm, Denmark, pp. 201-204, July 15-17.

[C16] S. MASCOLO, G. GRASSI
"Backstepping Design for Controlling Chaos in the Lorenz System and Chua's Circuit"
Proc. of **the European Conference on Circuit Theory and Design (ECCTD '99),**
Stresa, Italy, pp. 1211-1214, 29 August–2 September, 1999.

[C15] S. MASCOLO, M. GERLA,
"An ABR congestion control algorithm feeding back available bandwidth and queue level"
1998 IEEE ATM Workshop Proceedings. 'Meeting the Challenges of Deploying the Global Broadband Network Infrastructure', Fairfax, VA, USA, 26-29 May 1998, p. 91-96

[C14] G. GRASSI, S. MASCOLO
"Synchronization of hyperchaotic cellular neural networks: A system Theory Approach",
IEEE International Joint Conf. on Neural Networks, May 4-9, 1998, Anchorage, Alaska.

[C13] G. GRASSI, S. MASCOLO
"Design of nonlinear observers for hyperchaos synchronization using a scalar signal"
IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS 98), May 31-June 3, 1998, Monterey, CA.

[C12] S. MASCOLO, G. GRASSI,
"Nonlinear observers for hyperchaos synchronization with application to secure communications"

IEEE Conference on Control Applications CCA'98, Trieste, Italy, 1-4 Sept. 1998, p. 1016-20 vol.2.

[C11] S. MASCOLO AND M. GERLA,
"Classical control approach to congestion control in high speed ATM networks",
IEEE ATM 97 Workshop, May 25-28, 1997, 361-367, Lisboa, Portugal.

[C10] S. MASCOLO,
"Linear Control Theory for modeling and performance evaluation of ATM congestion control algorithms",
Proc. of Fifth IFIP Workshop on performance modeling and evaluation of ATM networks, 21-23 July 1997, Ilkey, West Yorkshire, U.K.

[C9] S. MASCOLO,
"Smith's principle for Congestion control in ATM High Speed Networks ",
Proc. of IEEE 36th Conference on Decison and Control, Dec. 1997, pp. 4595-4600, S. Diego.

[C8] S. MASCOLO,
"Backstepping design for controlling Lorenz chaos",
Proc. of IEEE 36th Conference on Decision and Control, 1997, pp. 1500-1501, S. Diego, CA.

[C7] M. GERLA, D. CAVENDISH, S.MASCOLO,
"ATM Networks: Bandwidth Allocation and Congestion Control",
Invited paper, IEEE Melecon 1996, Bari, Italy, May 13-16, pp. 27-33.

[C6] S.MASCOLO, D. CAVENDISH, M. GERLA,
"ATM Rate Based Congestion Control Using a Smith Predictor: an EPRCA Implementation",
Proc. of IEEE Infocom 96, S. Francisco, March 1996, pp. 569-576.

[C5] D. CAVENDISH, S.MASCOLO,M. GERLA,
"Rate Based Congestion Control for multicast ABR traffic",
Proc. of IEEE Globecom 96, London, November 18-22, 1996, pp. 1114-1118.

[C4] D. CAVENDISH, M. GERLA, S.MASCOLO,
"ATM Rate Based Congestion Control Using a Smith Predictor: Implementation Issues",
First Workshop on ATM traffic Management, IFIP-WATM'95, Paris, Dec. 1995 pp. 289-296.

[C3] M.P. FANTI, B. MAIONE, S. MASCOLO, B. TURCHIANO,
"Control Policies Conciliating Deadlock Avoidance and Flexibility in FMS Resource Allocation",
Proc. EFTA '95, INRIA/IEEE Symposium on Emerging Technologies and Factory Automation, Paris, October, 10-13, 1995, pp. 343-351.

[C2] M.P. FANTI, B. MAIONE, S. MASCOLO, B. TURCHIANO,
"Deadlock Avoidance Policies for Flexible Production Syustems with Multiple Capacity Resources",
IEE Third Workshop on Discrete Event Systems, August 19-21, 1996, pp. 31-38, Edinburgh, Scotland, UK.

[C1] M.P. FANTI, B. MAIONE, S. MASCOLO, B. TURCHIANO,
"Low-cost Deadlock Avoidance Policies for Flexible Production Systems",
Proc. of the IASTED Int. Conf: Applied Modelling and Simulation, Lugano (Switzerland), June 20-22, 1994, pp. 219-223

Pubblicazioni su atti di congressi nazionali

[D1] L. A. Grieco, S. Mascolo, and G. Piscitelli.
" Robust end-to-end bandwidth estimate in TCP/IP congestion control",

In AICA 2002 XL CONGRESSO ANNUALE, pages 613--626, Conversano (Ba), Italy, Settembre 2002.

Tesi di dottorato

[E.1] S. MASCOLO
"Situazioni di Stallo nei Sistemi di Produzione Flessibili: Diagnosi e Prevenzione",
Tesi per il conseguimento del titolo di Dottore di Ricerca.

3. ATTIVITÀ SCIENTIFICA

2.1 Progetti di ricerca

Il prof. Saverio Mascolo ha partecipato ai seguenti progetti di ricerca svolgendovi le funzioni di seguito descritte:

- **Progetto Nazionale Robotica MURST 40%**, coordinatore locale Prof. B. Maione, coordinatore nazionale prof. F. Nicolò (1994-1999).

  Nell'ambito di tale progetto, S. Mascolo ha svolto le ricerche descritte nella sua Tesi di Dottorato.

- **Progetto "ATM congestion control"** (1998-2000) finanziato dalla National Science Foundation.

  Saverio Mascolo è stato ispiratore del progetto presso l'Uuniversità della California a Los Angeles.

- **Progetto "Complex Interactive Networks/Systems Initiative"** (1999-2004) sponsorizzato da Electric Power Research Institute and the Deputy under Secretary of Defense for Science and Technology through the Army Research Office.

  Sull'onda dell'interesse crescente suscitato dalle ricerche svolte da Saverio Mascolo nel settore data networks applicando le metodologie dei controlli automatici, ha guidato la collaborazione del gruppo di ricerca in *Networking* del prof. M. Gerla (UCLA), con il gruppo di ricerca in Automatica del prof. F. Paganini (UCLA). In particolare Saverio Mascolo ha avviato il gruppo del Prof. Paganini nelle ricerche su Internet Congestion Control e il gruppo del prof. M. Gerla all'ideazione e alla realizzazione del prototipo dell'algoritmo di controllo di congestione denominato Westwood TCP.

- "**Wireless IP Project**"(2002-2004) finanziato dalla Swedish Strategic Research Initiative. Il progetto coinvolge le Università svedesi di Uppsala, Goeteborg, Lund e Chalmers ed è diretto dal prof. M. Sternad di Uppsala University.

  Saverio Mascolo svolge la funzione di consulente accademico esterno, partecipa alle riunioni periodiche del progetto e contribuisce alla definizione delle linee di ricerca scientifica

- **Progetto FIRB** denominato "Traffic models and Algorithms for Next Generation IP networks Optimization" (TANGO), **PNR 2001-2003,** responsabile scientifico nazionale prof. M. M. Ajmone.

  S. Mascolo è responsabile scientifico dell'Unità di ricerca del Politecnico di Bari.

- **Azione COST 290** denominata "Traffic and QoS Management in Wireless Multimedia Networks".

  S. Mascolo è rappresentatnte dell'Italia nel Management Committe dell'azione.

2.2 Tematiche di ricerca

L'attività di ricerca del prof. Saverio Mascolo si è finora svolta nelle seguenti aree tematiche:

(1) Progettazione e implementazione di protocolli di controllo di nuova generazione per Internet wireless e a larga banda;
(2) Algoritmi di controllo per l'allocazione di banda in IEEE 802.11e Wireless Lan
(3) Controllo della congestione nelle reti di comunicazione a commutazione di pacchetto con applicazione alle reti ATM e Internet: modeling and design;
(4) Applicazione delle tecniche di controllo non lineare al controllo di sistemi ipercaotici;
(5) Sincronizzazione di circuiti e sistemi ipercaotici mediante la progettazione di osservatori dello stato e applicazione alla progettazione di sistemi di comunicazione sicura che utilizzano circuiti non lineari ipercaotici e tecniche classiche di crittografia;
(6) Controllo dei Sistemi ad Eventi Discreti (DES) con applicazione al problema del deadlock nei Sistemi Flessibili di Produzione (FMS).

I risultati di queste ricerche costituiscono l'oggetto delle pubblicazioni elencate nella successiva Sezione 3. Di seguito si riporta una sintesi dei risultati di tali ricerche.

2.2.1 Progettazione e implementazione di protocolli di controllo di nuova generazione per Internet wireless e a larga banda

La ricerca in oggetto ha riguardato *la progettazione e l'implementazione* di nuovi algoritmi di controllo di congestione per la cosiddetta Internet di nuova generazione, denominazione con cui s'indica l'evoluzione di Internet verso la connettività wireless e a larga banda.

Contesto scientifico
Internet è un sistema di comunicazione a commutazione di pacchetto basato sull Internet Protocol (IP) e sul protocollo d'interconnessione denominato Transmission Control Protocol (TCP). Essendo Internet un sistema di comunicazione a risorse condivise è necessario disciplinarne l'uso. Pertanto, uno dei componenti più sofisticati del protocollo TCP è il suo algoritmo di controllo di congestione introdotto nel 1988 da Van Jacobson dopo che ripetuti collassi dovuti a congestione si erano verificati nella tratta da Berkeley a Stanford. L'algoritmo di congestione di Van Jacobson è un algoritmo end-to-end dimostratosi molto efficace ad assicurare la stabilità di Internet in presenza sia di una crescita esponenziale di collegamenti sia in presenza di una varietà di tecnologie assai differenti per capacità trasmissive. Tale algoritmo è basato sull'assunzione fondamentale che la perdita di un pachetto sia sintomo di congestione. In presenza di un evento di congestione il TCP di Van Jacobson, che è a tutt'oggi il TCP dominante, dimezza la finestra di controllo e quindi il rate di trasmissione che è pari alla finestra di controllo diviso il round trip time.

Risultati ottenuti e riscontri nazionali e internazionali
La ricerca ha prodotto risultati sia nel campo della progettazione di nuovi algoritmi sia nel campo dell'analisi e della modellistica del TCP, sia nel campo sperimentale con la realizzazione di prototipi.
Per quanto riguarda il design di nuovi algoritmi, il risultato principale della ricerca è stato l'algoritmo di controllo di congestione che S. Mascolo ha denominato TCP Westwood in omaggio al quartiere dell'Università della California a Los Angeles che lo ha gentilmente e piacevolmente ospitato in diversi periodi della sua vita professionale. Westwood TCP propone un innovativo meccanismo di stima end-to-end della banda disponibile per una connessione TCP da utilizzare per definire una nuova legge di controllo dell'input rate del TCP dopo un episodio di congestione. In particolare, dopo un episodio di congestione il TCP di Van Jacobson applica un dimezzamento "cieco" della finestra di controllo che non considera lo stato di congestione della rete. TCP Westwood, invece, fissa la finestra di controllo in modo da occupare esattamente la banda disponibile al momento della congestione. La stima end-to-end è basata su un meccanismo di conteggio e filtraggio dei pacchetti di riscontro di una connessione TCP.
La prima implementazione dell'algoritmo TCP Westwood è stata sviluppata e sperimentata in collaborazione con il gruppo di ricerca del prof. Gerla di Ucla e dell'ing. Casetti del Politecnico di Torino nell'ambito di un'iniziativa di ricerca internazionale guidata da Saverio Mascolo. La prima pubblicazione su questa ricerca è avvenuta alla conferenza internazionale ACM Mobicom 2001, nella quale sono stati pubblicati 27 lavori su 300 sottomessi e dove uno dei revisori anonimi ha espresso il giudizio *"a pioneering piece of work*" [C.28]. La medesima pubblicazione è stata successivamente ulteriormente selezionata, con altri sette lavori, per essere pubblicata in un numero della rivista Wireless Network, Special Issue with selected papers from ACM Mobicom'01 [J.20].
Successivamente è stata proposta la versione Westwood+ TCP interamente sviluppata al Politecnico di Bari. Westwood+ incorpora un nuovo algoritmo di stima end-to-end della banda disponibile che elimina la sovrastima di banda che si verifica con Westwood in presenza di ACK compression. Questo fenomeno è stato giustificato anche in termini classici come una forma di aliasing effect nelle reti a pacchetto [C.28], [J.20],[C.40].
Il nuovo algoritmo di controllo di congestione ha dimostrato di migliorare l'efficienza del TCP specialmente su connessioni internet comprendenti tratte wireless. Infatti, in presenza di collegamenti radio, il TCP può perdere pacchetti a causa di interferenze e inaffidabilità del mezzo trasmissivo. Il meccanismo di controllo di congestione utilizzato dal TCP di Van Jacobson interpreta tali perdite come sintomo di congestione e riduce erroneamente l'input rate. Conseguentemente il TCP manifesta una scarsa capacità di utilizzare i link wireless a differenza di TCP Westwood+ che invece misura la banda disponibile.

L'algoritmo TCP Westwood è attualmente studiato in diverse Università e centri di ricerca nel mondo ed è compreso in corsi di studio avanzati su Computer Networking svolti in diverse Università. Una sua descrizione è recentemente apparsa nel libro "High performance TCP/IP Networking" di M . Hassan, and prof. Raj Jain, Prentice Hall, 1st edition October 2003.
Un quadro aggiornato delle ricerche in corso nel mondo su TCP Westwood si può ottenere consultando il motore di ricerca google mentre una lista di citazioni è riportata nella Sezione Citazioni di questo Curriculum. Qui si elenca un sottoinsieme delle attività di ricerca in corso:

- sperimentazione effettuata congiuntamente dall'ente spaziale americano NASA e da UCLA documentata nell'invited paper [C.32];

- la pubblicazione dal titolo "Explicit Transport Error Notification (ETEN) for Error-Prone Wireless and Satellite Networks - Summary," di Rajesh Krishnan, Mark Allman, Craig Partridge, James P.G. Sterbenz, and William Ivancic, *Earth Science Technology Conference - 2002* , Pasadena, CA, USA, June 11-13, 2002, risultato del lavoro congiunto della società *BBN Technologies* (prima società appaltatrice della costruzione della rete Arpanet) e un gruppo di ricerca del Nasa Glenn Research Center. Craig Partridge è una delle figure più prestigiose nell'ACM Special Interest Group on Data Communications

- Il lavoro ``***Performance of TCP Protocols in Deep Space Communication Networks,''*** di *Akan, O.B., Fang, J., and Akyildiz, I.F.,su IEEE Communication Letters, Vol. 6, No. 11, pp. 478-481, November 2002.*

- L'interesse di numerose Università svedesi e finlandesi tra cui Uppsala, Lijoping, Lund, Lulea e KTH che hanno svolto numerosi tesi *licenziate* e *doctorate* su TCP Westwood

- Il progetto ESA/ESTEC contact no. 14956/00/NL/ND intitolato "Transport protocol and resource Management for mobile Satellite Networks" che ha tra gli obiettivi la sperimentazione di TCP Westwood

- Lo studio di TCP Weswtood in numerosi corsi di Computer Networks nel mondo tra i quali si cita quello di Kevin Lai e Ion Stoica alla University of California a Berkeley.

- La sperimentazione di TCP Westwood+ allo Stanford Linear Accelarator Laboratory (SLAC). La sperimentazione coinvolge un insieme di protocolli selezionati, tra cui Fast TCP sviluppato a Caltech, Scalable TCP sviluppato a Cambridge (Uk), High Speed TCP sviluppato all'International Computer Science Institute (Berkeley), per effettuare trasferimenti su gigabit Internet da SLAC a varie destinazioni nel mondo tra cui il CERN di Ginevra (http://www-iepm.slac.stanford.edu/bw/tcp-eval/).

Per quanto riguarda l'analisi teorica e la modellistica, nei lavori [C.33], [C43], [F3] è stato proposto un modello matematico alle equazioni differenziali stocastiche della dinamica di Westwood TCP. Tale modello è stato utilizzato per ricavare il throughput long-term di TCP Westwood+ ed effettuare un confronto con il TCP classico di Van Jacobson.
In [C44] è stato proposto un modello completo delle fasi di slow-start e congestion avoidance del TCP basato sul predittore di Smith che consente di modellare e comprendere in un framework unificato tutte le varianti di TCP, quali ad esempio Reno, Vegas e Westwood. Recentemente sono stati sottomessi per la pubblicazione lavori completi sul modeling e l'analisi dell'algoritmo di controllo del TCP.
In [C.37] sono stati pubblicati i risultati sperimentali di test effettuati su Internet reale dell'algoritmo di controllo Westwood+ TCP. Tale versione è stata interamente sviluppata e implementata nei laboratori del Politecnico di Bari utilizzando il sistema operativo open-source Linux 2.2. La versione estesa di questo lavoro è stata pubblicata sulla rivista Performance Evaluation, Special Issue with selected papers from Globecom 2002 [J.21]. Recentemenete un gruppo di ricerca del Politecnico di Bari, guidato da S. Mascolo, ha implementato TCP Westwood+ in Linux 2.4 nell'ambito del progetto Firb denominato TANGO [C48]. Attualmente l'implementazione è stata inserita nella distribuzione ufficiale del kernel di linux (www.linux.org).

Il traffico regolato dall'algoritmo di controllo del TCP è di tipo "best-effort" e riguarda i dati. Tale tipologia di traffico richiede affidabilità ma non il rispetto di vincoli temporali. Diverso è il caso del traffico audio e video per il quale è ammessa una certa inaffidabilità (cioè una piccola frazione di

pacchetti può essere persa) ma sono richiesti stringenti vincoli temporali come ad esempio nel caso del video-streaming o ancor più nel caso delle video conferenze. Un algoritmo di controllo di congestione è essenziale anche per tali tipologie di traffico. Attualmente, differentementeche dal caso del TCP, non vi sono algoritmi standardizzati per il traffico non-TCP. Un primo lavoro sull'argomento dal titolo "Adaptive rate control for internet video streaming" è stato presentato all'European Control Conference, Spet. 2003 [C.41]. Una versione evoluta e completa è stata recentemente accettata per la pubblicazione su ACM Multimedia Systems Journal [J23].

I risultati di questa ricerca hanno generato 2 brevett1 italiani, 1 brevetto statunitense e 1 brevetto internazionale.

Presentazione delle pubblicazioni più importanti sull'argomento

[J1] C. CASETTI, M. GERLA, S. MASCOLO, M. SANADIDI, R. WANG, "TCP Westwood: end-to-end bandwidth estimation for enhanced transport over wireless links", **ACM Wireless Networks**, (Special issue with *Selected papers from Mobicom 2001*), vol. 8, no. 5, pp. 467-479, Sept. 2002. **(Regular paper).**

La pubblicazione [J1] è la versione estesa del lavoro "TCP Westwood: Bandwidth Estimation for Enhanced Transport over Wireless Links", pubblicato alla conferenza ACM International Conference on Mobile Computing and Networking (MOBICOM) 2001, in cui S. Mascolo è primo autore.

Nell'Editorial di questo Special Issue [J1] si legge: "**This special issue** of Wireless Networks contains extended versions of **eight of the papers presented at the Seventh Annual ACM International Conference on Mobile Computing and Networking in July 2001. These papers have been selected among the already deeply scrutinized 280+ submissions to the conference**, and provide a high-quality set of contributions covering the hottest topics in the area of mobile computing and networking. This collection gives the state-of-the-art as of about a year ago and, even though this is a long time in this very rapidly growing field, **it is our belief that the research ideas presented in these papers will have a long-standing impact**, which makes this issue not only timely but also very useful and inspiring to many researchers in our community".

[J2] propone l'algoritmo di controllo di congestione per il protocollo TCP denominato Westwood TCP. L'algoritmo è basato sulla stima end-to-end della banda disponibile attarverso un meccansimo di conteggio e filtraggio dei pacchetti di riscontro generati da un flusso TCP. La stima è utilizzata per regolare la finestra di controllo dopo episodi di congestione. L'algoritmo si rileva particolarmente efficace su reti wireless dove la perdita di pacchetti non è dovuta a congestione ma a inaffidabilità del canale: in quest'ultimo caso infatti il TCP oggi utilizzato reagisce interpretando erroneamente le perdite come segnale di congestione così determinando una inefficiente utilizzazione dei canali wireless. Dell'algoritmo di controllo è stato sviluppata una realizzazione nel sistema operativo open source Linux e numerosi test sono stati effettuati su rete locale, su rete continentale, intercontinentale e satellitare. L'algoritmo è stato giudicato meritevole di brevettazione dalla Università della California a Los Angeles e le versioni di software da noi distribuite sono in studio e sperimentazione in varie Università e Centri di Ricerca nel mondo.

[J2] M. GERLA, R. LOCIGNO, S. MASCOLO, W. WENG, "Generalized Window Advertising for TCP Congestion Control", **European Transactions on Telecommunications, no. 6, pp. 549-562, Nov/Dec. 2002. (Regular paper).**

In questo lavoro si propone una generalizzazione dell'algoritmo di flow control del TCP rigorosamente fondata sull'applicazione del principio di Smith.

Dall'abstract del lavoro: "Congestion in the Internet is a major cause of network performance degradation. The GeneralizedWindow Advertising (GWA) scheme proposed in this paper is a new approach for enhancing the congestion control properties of TCP. GWA requires only minor modifications to the existing protocol stack and is completely backward compatible, allowing GWA-hosts to interact with non-GWA hosts without modifications. GWA exploits the notion of end-host–network cooperation, with the congestion level notified from the network to end hosts. It is based on solid control theory results that guarantee performance and stable network operation. GWA is able to avoid window oscillations and the related fluctuations in offered load and network performance. This makes it more robust to sustained network overload due to a large number of connections competing for the same bottleneck, a situation where traditional TCP implementations fail to provide satisfactory performance. GWA-TCP is compared with traditional TCP, TCP with RED and also ECN using the *ns-2* simulator.

Results show that in most cases GWA-TCP outperforms the traditional schemes. In particular, when compared with ECN, it provides smoother network operation and increased fairness.

[J3] S. MASCOLO, L. A. GRIECO, R. FERORELLI, P. CAMARDA , G. PISCITELLI, "Performance evaluation of Westwood+ TCP congestion control", **Performance Evaluation**, 55 (2004), pp. 93-111, *Special Issue with Selected papers from Golbecom 02*, Elsevier, North-Holland, January 2004. **(Regular paper).**

In questo lavoro si propone l'algoritmo di controllo di congestione denominato Westwood+ TCP che si differenzia rispetto a Westwood TCP per un nuovo algoritmo di stima end-to-end della banda disponibile che ha la proprietà di essere robusto in presenza di compressione dei pacchetti di riscontro. In particolare il filtro proposto effettua un'operazione che corrisponde a quella effettuata da un filtro anti-aliasing prima del campionamento di un segnale analogico. Nel lavoro si presentano i risulati ottenuti mediante simulazioni e prove su Internet reale. Le simulazioni sono state effettuate utilizzando il simulatore ad eventi discreti ns-2. Le prove sono state effettuate utilizzando un'implementazione in Linux dell'algoritmo per trasferire dati dal Politecnico di Bari all'Università della California a Los Angeles e all'Uppsala University. Di seguito si riporta l'abstract del lavoro: "Westwood+ TCP is a sender-side only modification of the classic Tahoe/Reno TCP that has been recently proposed to improve fairness and efficiency of TCP. The key idea ofWestwood+ TCP is to perform an end-to-end estimate of the bandwidth available for a TCP connection by properly counting and filtering the stream ofACKpackets. This estimate is used to adaptively decrease the congestion window and slow-start threshold after a congestion episode. In this way,Westwood+ TCP substitutes the classic *multiplicative decrease* paradigm with the *adaptive decrease* paradigm. In this paper we report experimental results that have been obtained running Linux 2.2.20 implementations of Westwood+, Westwood and Reno TCP to ftp data over an emulated WAN and over Internet connections spanning continental and intercontinental distances. In particular, collected measurements show that the bandwidth estimation algorithm employed byWestwood+ nicely tracks the available bandwidth, whereas the TCP Westwood bandwidth estimation algorithm greatly overestimates the available bandwidth because of ACK compression. Live Internet measurements also show that Westwood+ TCP improves the goodput w.r.t. TCP Reno. Finally, computer simulations using *ns*-2 have been developed to testWestwood,Westwood+ and Reno in controlled scenarios. These simulations show that Westwood+ improves fairness and goodput w.r.t. Reno".

2.2.2 Algoritmi di controllo per l'allocazione di banda in IEEE 802.11e Wireless Lan

Contesto scientifico

Fino ad oggi la tecnologia Internet è stata capace di offrire un servizo economico ed efficiente di trasmissione dati. Per le sue caratteristiche di connectionless packet network non si dimostra altrettanto efficiente per trasportare contenuti audio e video. La ricerca che si prefigge di riuscire a offrire servizi diversi da quelli del semplice trasporto di dati va sotto il nome di Quality of Service (QoS). Nell'ambito della ricerca QoS, è in corso il tentativo di formire Q0S ad utenti mobili che accedono tramite Wireless Lan nello standard IEEE 802.11. Il problema deriva dal fatto che il mezzo wireless è un mezzo condiviso per cui è necessario accedervi usando un protocollo di Medium Access Control (MAC). Il protocollo MAC dell'IEEE 802.11 è detto CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Acces/Collison Avoidance). La condivisione del mezzo wireless esaspera i problemi di qualità del servizio (QoS) che sono già tipici della rete Internet che è di tipo best-effort. Conseguentemente diventa ancora più difficile garantire la qualità del servizo necessaria per applicazioni audio e/o video. La ricerca su questo campo è recente ed in fase di standardizzazione nell'IEEE 802.11e.

Risultati ottenuti e riscontri nazionali e internazionali

Il problema è stato affrontando proponedo un meccanismo di controllo in retroazione che consente di accedere al canale garantendo ad ogni classe di servizio un massimo ritardo di accodamento sul primo hop presente dal terminale mobile all'access point. L'algoritmo consente di garantire un qualunque ritardo in modo semplice ed efficace.

Presentazione delle pubblicazioni più importanti sull'argomento

[J28] G. Boggia, P. Camarda, L. A. Grieco, S. Mascolo,
"Feedback based Bandwidth Allocation with Call Admission Control for Providing Delay Guarantees in IEEE 802.11e Networks",

Computer Communications, Volume 28, Issue 3, 24 February 2005, Pages 325-33

In questo lavoro il problema dell'allocazione di banda non è stato affrontato in modo tradizionale con le tecniche di scheduling ma è stato affrontato proponendo un semplice algoritmo di controllo in retroazione. In particolare le richieste di banda sono state modellate come un disturbo e l'allocazione di banda come la variabile controllata.

2.2.3 Controllo della congestione nelle Reti di Comunicazione a Commutazione di Pacchetto con applicazione alle reti ATM e Internet: modeling and design

Contesto scientifico

L'attività di ricerca su ATM (Asynchronous Transfer Mode) è iniziata nei primi anni novanta con l'obiettivo di fornire i servizi classici di telefonia e poi nuovi servizi video su tecnologia a commutazione di pacchetto. Pertanto nasce con l'intento d'integrare le caratteristiche delle reti telefoniche e delle reti a commutazione di pacchetto.

Una rete packet switching è costituita da un insieme di nodi, detti *switch* o *router*, e di collegamenti, detti *link*. La caratteristica delle *reti packet switching* è quella di trasformare l'informazione da trasmettere in pacchetti che viaggiano in modo asincrono consentondo la condivisone dei link di comunicazione da parte di più connessioni. In tal modo si ottiene una migliore utilizzazione della rete e quindi un abbassamento dei costi. Il prezzo è l'impossibilità di garantire i ritardi con cui i pacchetti vengono recapitati e quindi una difficoltà ad offrire servizi audio e video.

Le Reti Telefoniche, invece, sono *circuit switching*. Stabilendo un circuito fisico tra sorgente e destinatario, garantiscono una comunicazione *real time* al prezzo però di una bassa utilizzazione delle risorse perché la connessione *circuit switching* non consente la condivisione di risorse.

Per migliorare l'utilizzazione della rete attraverso la condivisione dei link da parte di più connessioni, preservando al tempo stesso la possibilità di effettuare comunicazioni *real-time*, è stato introdotto il concetto di connessione virtuale (virtual circuit) tra sorgente e destinazione. Le Reti di Comunicazione ad alta velocità con tecnologia ATM (Asynchronous Transfer Mode), rappresentano quindi una soluzione tecnologica per realizzare una rete di comunicazione universale nella quale coesistono il traffico dati, voce e video. L'obiettivo è quello di unire i vantaggi delle reti "circuit switching" (le reti telefoniche) con quelli delle reti "packet switching" (Internet).

L'ATM Forum ha definito cinque classi di servizio per il traffico ATM: a) il traffico "variable bit rate" (*VBR)*, con le sottoclassi real-time (VBR-RT) e non real-time (VBR-NRT) in cui il rate (misurato in celle/sec) varia nel tempo: un esempio è il traffico video; b) il traffico "constant bit rate" (*CBR*) caratterizzato da un rate costante: un esempio è il traffico audio; c) il traffico "available bit rate" (*ABR*), cioè il traffico di tipo "best effort" che occupa la banda inutilizzata dal traffico VBR+CBR; d) il traffico "unspecified bit rate" (UBR) che invia i dati senza garantirne l'arrivo.

Risultati ottenuti e riscontri nazionali e internazionali

Saverio Mascolo ha iniziato l'attività di ricerca in questo settore nel 1995, durante l'anno di permanenza post-doc presso il Computer Science Department dell'Università della California di Los Angeles (UCLA), apportandovi la novità dell'uso esteso delle metodologie dei controlli. Negli anni successivi la comunità scientifica internazionale ha mostrato un crescente interesse verso le metodologie dei controlli applicate alla computer science come testimoniato dalla pubblicistica congressuale e su rivista. Ffra tutte si menzionano i numeri speciali dedicati all'argomento dalla rivista Automatica, Dec. 1999, dalla rivista IEEE Trans. on Autonatic Control, June 2002, dalla rivista IEEE Control System magazine, Dec. 2001, e ad esempio, dalla recentissima *plenary talk* di T. Basar a CDC 2003.

L'attività di ricerca su questo tema si è svolta inizialmente nel campo delle reti ATM. L'obiettivo è stato quello di definire una legge di controllo in retroazione per regolare l'input rate delle sorgenti *ABR* in modo da utilizzare efficientemente tutta la banda lasciata inutilizzata dal traffico *CBR* e *VBR* evitando al contempo di congestionare la rete.

Una caratteristica delle odierne reti di comunicazione è l'alta velocità di trasmissione per cui il tempo di propagazione di un pacchetto lungo i link della connessione è molto più grande del tempo necessario alla sua trasmissione. Conseguentemente, il numero di pacchetti in transito nei link di comunicazione (pacchetti denominati "in flight cells") risulta elevato e riduce l'efficienza del meccanismo di controllo. Il problema è stato affrontato utilizzando la teoria classica del controllo. In particolare, per stabilizzare tale sistema è stato proposto un controllore basato sul Predittore di Smith [J.15], [AJ.16], [A.17], [C.24],[C.4]-[C.7], [C.9]-[C.11], [B.1], [B.2]. In particolare S. Mascolo ha contribuito con un lavoro a firma singola intitolato "Congestion control in high-speed communication networks using the Smith

principle" pubblicato sullo Special Issue di Automatica, Dec. 1999, su "Control methods for communication networks", Editors V. Anantharam e J. Walrand di University of California at Berkeley.
La legge di controllo proposta impone ad ogni sorgente di tipo ABR un rate proporzionale allo spazio disponibile nel buffer che costituisce il collo di bottiglia per la connessione: lo spazio disponibile è calcolato sottraendo allo spazio effettivamente disponibile i "pacchetti in transito" nella connessione.
In [C.4] è stata condotta una campagna di simulazione più vasta, mentre in [C.5] è stata proposta l'estensione dell'algoritmo di controllo al caso delle comunicazioni multicast.
In [C.9] e [J.17] è stata proposta una generalizzazione della legge di controllo proposta in [J.15] e [C.6]. La legge proposta, basata sull'applicazione del principio di Smith, richiede un unico buffer per ogni link d'uscita da un commutatore. Ciò consente un'architettura degli switch più semplice.
In [B.1], dopo aver fatto l'ipotesi di modello fluido per il traffico dati, si è proposta la teoria del controllo lineare come uno strumento di analisi e di sintesi del controllore. Infine si è proposto l'utilizzo di Simulink for Matlab per condurre efficaci e semplici simulazioni tempo discrete in luogo delle più laboriose e costose simulazioni ad Eventi Discreti. In [B.2] è stata sviluppata un'analisi dell'efficienza del controllo nel caso in cui si adotta un per-flow buffering oppure un first in-first out buffering ai nodi di commutazione della rete.
In [C.38] e [J.22] è stata proposta una strategia di controllo basata su Smith predictor e feed-forward compensation per realizzare algoritmi di controllo ad elevata performance per reti ad alta velocità.
In [J.19], [C.19], [C.20] e [J.16] un approccio basato sulla teoria classica del controllo è stato proposto per studiare e modificare l'algoritmo di controllo della congestione attualmente utilizzato nel Transmission Control Protocol/Internet Protocol (TCP/IP). L'applicazione del controllo classico e del predittore di Smith ha fornito un nuovo algoritmo di controllo della congestione che ha le seguenti caratteristiche:

1) Si presenta come una generalizzazione diretta dell'algoritmo di controllo attualmente in uso nel TCP/IP [J.16];
2) E' completamente compatibile con le versioni esistenti del TCP/IP [J.16];
3) Consente di generare una famiglia di versioni di TCP compatibili fra loro e con il TCP attualmente in uso [J.16], [C.30].

L'applicazione del principio di Smith dimostra che l'attuale TCP flow control già implementa il predittore di Smith sebbene il TCP sia stato sviluppato sulla base di considerazioni euristiche dagli ingegneri delle comunicazioni. Pertanto fornisce anche la prima spiegazione teorica del meccanismo di flow control attualmente utilizzato nel TCP/IP. In [J.19] l'algoritmo è stato simulato e confrontato con varie versioni del TCP/IP utilizzando il software di simulazione Network Simulator (NS) che costituisce lo standard per la comunità scientifica del settore. NS è un tool di simulazione per Internet sviluppato e distribuito gratuitamente dall'Università della California a Berkeley. La pubblicazione [J.16] sviluppa una trattazione matematica delle proprietà di stabilità e piena utilizzazione della banda che sono garantite dall'algoritmo e mostra l'applicazione alle reti ATM e Internet. La pubblicazione [C.20] è un invited paper alla conferenza CDC99 che descrive l'applicazione dell'algoritmo alle rete Internet ad alta velocità. [C.30] propone un modello dinamico del TCP congestion control basata sul controllo classico e l'applicazione del principio di Smith. In [C.24] viene descritta una versione dell'algoritmo di controllo per il traffico ABR basata sulla stima end to end della banda utilizzabile.
Mascolo è stato chair di sessioni su tale tema di ricerca all'IEEE ATM98 Workshop e all'IEEE Conf. on Dec. and Control'97.

Presentazione delle pubblicazioni sull'argomento

[J27] D. CAVENDISH, S. MASCOLO, M. GERLA,
"A Control Theoretical Approach to Congestion Control in Packet Networks"
IEEE/ACM Transactions on Networking, vol. 12, no. 5, pp. 893-906, October 2004. **(Regular paper).**

In questo lavoro il problema del controllo di congestion nelle reti a pacchetto è stato formalizzato in generale come un problema di controllo di sistema con ritardo puro per il quale è essenziale utlizzare un predittore di Smith.

[J4] S. MASCOLO,
"Dead-time and Feed-forward Disturbance Compensation for Congestion Control in Data Networks,"
International Journal on System Science, vol. 34, no. 10-11, Aug-Sept. 2003, *Special Issue on "Time Delay Systems: Telecommunication Applications"*. **(Regular invited paper).**

Questo lavoro propone la Dead-time and Feed-forward Disturbance Compensation come tool fondamentali per la progettazione di algoritmi di controllo di congestione nelle rete dati. Si riporta l'abstract come sintesi: "Two major features characterize the congestion control problem in modern data networks: (1) propagation delays, which may have an adverse impact on the stability of closed loop congestion control algorithms, and (2) time-varying available bandwidth. To efficiently deal with these issues we propose to design the controller by employing both dead-time and feed-forward disturbance compensation. Dead-time compensation provides an output that quickly matches the command signal, whereas feed-forward compensation rejects the steady state error, which is due to time-varying available bandwidth, and provides high link utilization without large buffering. We also show that standard proportional-derivative-integral (PID) controllers are not effective in data networks due to large propagation delays. Finally, we compare dead-time compensation with respect to a proportional (P) controller to illustrate major advantages of the controller proposed in this paper".

[J5] S. MASCOLO,
"Smith's Principle for Congestion Control in High Speed Data Networks", **IEEE Trans. On Automatic Control,** vol. 45, no. 2, Feb 2000, pp. 358–364. (Technical Note).

In questo lavoro si propone un algoritmo di controllo della congestione per reti ATM eseguito ai nodi (switches) della rete. Si riporta l'abstract: "In this paper classical control theory and Smith's principle are exploited to design an algorithm for controlling "best effort" traffic in high-speed asynchronous transfer mode (ATM) networks. The designed algorithm guarantees the stability of network queues, along with the fair and full utilization of network links, in a realistic traffic scenario in which multiple available bit rate (ABR) connections, with different propagation delays, share the network with high priority traffic."

[J6] S. MASCOLO,
"Congestion control in high-speed communication networks using the Smith principle",
Automatica, A Journal of the International Federation of Automatic Control, vol. 35, no. 12, Dec. 1999, pp. 1921-1935. Special Issue on ***"Control methods for communication networks".*** **(Regular paper).**

In questo lavoro si formalizza il problema del controllo di congestione come un problema di controllo di time-delay systems e si mostra la necessità di utilizzare un predittore di Smith. Si mostra anche che il controllo di congestione utilizzato dal leading TCP/IP protocol utilizza un predittore di Smith a insaputa dei suoi stessi progettisti.

Si riporta un estratto dall'editorial dello Special Issue: **"**The paper of Mascolo adopts a classical control theoretic view of the problem of congestion control as control with delayed observations and relates TCP (transmission control protocol) to the Smith regulator".

Infine si riporta il pre-abstract del lavoro: "Classical control theory and Smith's principle are proposed as key tools to design a congestion control law for high-speed data networks. Applications to Asynchronous Transfer Mode networks and to Internet Transmission Control Protocol are illustrated".

[J7] S. MASCOLO, D. CAVENDISH, M. GERLA, "ATM Rate Based Congestion Control Using a Smith Predictor", **Performance Evaluation**, **Special Issue on "ATM Traffic Control"**, vol. 31, no. 1-2, Nov. 1997, pp. 51-65, Elsevier, North-Holland. **(Regular paper).**

In questo lavoro si presenta un algoritmo di controllo di congestione per gli switch ATM basato sul predittore di Smith. Il lavoro è una versione estesa di un lavoro presentato alla conferenza IEEE Infocom 1996 (rate d'accettazione del 27%) citato 14 volte su www.webofscince.com (si veda la Sezione Citazioni).

2.2.4 Applicazione delle tecniche di controllo non lineare al controllo di sistemi ipercaotici

Contesto scientifico

La soluzione di equazioni differenziali non lineari può dipendere fortemente dalle condizioni iniziali. In altre parole, una piccola variazione delle condizioni iniziali può determinare una notevole variazione della soluzione. I sistemi nonlineari con tale caratteristica sono detti caotici. Il termine di *caos deterministico* fa riferimento al fatto che, poichè le condizioni iniziali possono essere note solo con un certo errore, la dinamica risulta praticamente imprevedibile nonostante sia descritta da una equazione differenziale. Pertanto negli ultimi anni lo studio di tecniche che consentono di controllare una dinamica caotica ha riscontrato notevoli interessi scientifici.

Risultati ottenuti e riscontri nazionali e internazionali
In [J.5], [C.8], il problema è stato affrontato utilizzando la tecnica del backstepping per ottenere la stabilizzazione del sistema caotico di Lorenz in un punto di equilibrio e per ottenere il tracking di un segnale di riferimento. Inoltre si è effettuato un confronto con l'approccio geometrico differenziale. Come previsto, risulta che le leggi di controllo ottenute mediante backstepping per la stabilizzazione e per il tracking richiedono uno sforzo di controllo inferiore rispetto a quello richiesto dalle leggi ottenibili mediante l'approccio geometrico differenziale. In [J.4], [C.17] e [C.16] la tecnica del backstepping è stata utilizzata per stabilizzare il circuito caotico di Chua e l'attrattore di Lorenz. In [C.22] il backstepping ed il nonlinear damping sono stati utilizzati per controllare il sistema caotico di Lorenz in presenza di disturbo.

Presentazione delle pubblicazioni sull'argomento

[J8] S. MASCOLO, G. GRASSI,
"Controlling chaos via backstepping design",
Physical Review E (Statistical Physics, Plasmas, Fluids, and Related Interdisciplinary Topics), vol. 56, no. 5-B, Nov. 1997, The American Physical Society, pp. 6166–6169. (Brief).

In questo lavoro effettua il controllo dell'attrattore di Lorenz utilizzando la tecnica del backstepping design. Si riporta l'abstract del lavoro: "A method is presented to achieve both stabilization of chaotic motion to a steady state and tracking of any desired trajectory. The proposed approach is based on backstepping design and consists in a recursive procedure that interlaces the choice of a Lyapunov function with the design of feedback control. The main feature of this technique is that it gives the flexibility to build a control law by avoiding cancellations of useful nonlinearities, so that the goals of stabilization and tracking are achieved with a reduced control effort. A comparison with the differential geometric method clearly highlights the advantages of the proposed approach".

[J9] S. MASCOLO, G. GRASSI,
"Controlling chaotic dynamics using backstepping design with application to the Lorenz system and Chua's circuit",
International Journal of Bifurcation and Chaos in Applied Sciences and Engineering, vol. 9, n. 7, July 1999, pp. 1425-1434.

In questo lavoro la tecnica del backstepping design basata sulla costruzione ricorsiva di funzioni di Lyapunov è stata applicata per controllare due importanti sistemi caotici: l'attrattore di Lorenz, che è stato il primo modello nonlineare dei fenomeni atmosferici, e il circuito di Chua, che è stato il primo circuito ad esibire una dinamica caotica.

2.2.5 Sincronizzazione di circuiti e sistemi ipercaotici mediante la progettazione di osservatori dello stato e applicazione alla progettazione di sistemi di comunicazione sicura che utilizzano circuiti non lineari ipercaotici e tecniche classiche di crittografia

Contesto scientifico
Considerati due sistemi caotici identici, le rispettive dinamiche possono essere completamente differenti a causa della forte dipendenza di esse dalle condizioni iniziali. L'obiettivo della sincronizzazione è quello di rendere uguali le dinamiche da un certo istante in poi per mezzo di un segnale di sincronizzazione inviato da un sistema (il trasmettitore o master) all'altro (il ricevitore o slave).
Le tecniche di sincronizzazione di sistemi caotici possono essere applicate per progettare sistemi di comunicazione sicura. In tali sistemi la dinamica caotica è utilizzata dal trasmettitore per nascondere ("masking") il segnale trasmesso. Il ricevitore, una volta sincronizzato con il trasmettitore, è in grado di estrarre il segnale trasmesso.

Risultati ottenuti e riscontri nazionali e internazionali
Nel numero Speciale della rivista IEEE Trans. on Circuit and Systems [J.14], S. Mascolo ha formalizzato il problema della sincronizzazione di sistemi ipercaotici come un problema di sintesi dell'osservatore, in generale nonlineare. In altre parole il ricevitore è stato progettato come un osservatore dello stato del trasmettitore. In particolare, ha proposto una tecnica per sincronizzare con un segnale scalare un'ampia classe di sistemi non lineari caotici o ipercaotici. Tale tecnica fornisce un sistema errore lineare tempo

invariante e può essere applicata con semplicità e in modo sistematico ad un vasto insieme di circuiti e sistemi caotici o ipercaotici come documentato nelle pubblicazioni [J.14], [J.13], [J.12], [J.11], [J.10], [J.6], [C.14], [C.13].
In [J.10], [J.9] e [C.23] il metodo è stato applicato a sistemi di ordine elevato e con ritardo puro mentre in [J.12] è stata studiata la dinamica e la sincronizzazione di una rete neurale cellulare in condizioni di ipercaos. In [J.6] si sono sviluppate unitariamente le tecniche di sincronizzazione e progettazione di sistemi di crittografia. Ulteriori sviluppi sono riportati in [J.11] e [C.25] dove è stato proposto l'utilizzo di osservatori lineari per la sincronizzazione dell'ipercaos. Il metodo consente di sincronizzare in modo sistematico diverse classi di circuiti ipercaotici mediante segnali scalari e non.
La tecnica di sincronizzazione di sistemi ipercaotici descritta in [J.14] ha consentito di sviluppare una tecnica innovativa per progettare sistemi di trasmissione sicura dei segnali basati sull'utilizzo di circuiti ipercaotici e tecniche standard di crittografia. In particolare il metodo proposto in [J.7] e [J.8] utilizza la tecnica di progettazione dell'osservatore sviluppata in [J.14] per progettare sistemi di comunicazione con un accresciuto grado di sicurezza nei quali il segnale da trasmettere è prima crittografato con una qualsiasi tecnica standard di crittografia e poi "mascherato" da un dinamica ipercaotica molto complessa. L'approccio suggerito presenta numerosi vantaggi. In particolare, è applicabile in modo sistematico ad una ampia classe di circuiti ipercaotici utilizzando tecniche di crittografia diverse [J.8], [J.7], [J.11], [J.6], [C.12], [C.18].

Presentazione delle pubblicazioni sull'argomento

[J10] G. GRASSI, S. MASCOLO,
"Nonlinear observer design to synchronize hyperchaotic systems via a scalar signal",
IEEE Trans. on Circuits and Systems, part I: Fundamental Theory and Applications, vol. 44, no. 10, October 1997, pp. 1011–1014
Special Issue on "Chaos Synchronization, Control, and Applications", Eds. P. Kennedy, and M..J. Ogorzalek. **(Brief)**

In questo lavoro si propone una tecnica sistematica di sincronizzazione di una classe di ssitemi caotici basata sulla progettazione di osservatori dello stato. Si riporta l'Editorial dello Special issue: "The goal of this special issue was to bring together the most exciting ideas in chaos synchronization and control in an interdisciplinary forum to share different perspectives on the field. We were pleasantly surprised to receive nearly eighty contributions, all of which have been reviewed, and a selection of which appear in this volume. Unfortunately, it has not been possible to include all of the manuscripts which were recommended for publication; these will appear in later issues".

Si riporta l'abstract del lavoro: "In this brief control theory is used to formalize hyperchaos synchronization as a nonlinear observer design issue. Following this approach, a new *systematic* tool to synchronize a class of hyperchaotic systems via a *scalar* transmitted signal is developed. The proposed technique has been applied to synchronize two well-known hyperchaotic systems".

[J11] G. GRASSI, S. MASCOLO,
"Synchronizing hyperchaotic systems by observer design",
IEEE Transaction on Circuits and Systems, part II: Analog and Digital Signal Processing, vol. 46, no. 4, April 1999, pp. 478–482. **(Brief)**

Si riporta l'abstract del lavoro: "In this brief, a technique for synchronizing hyperchaotic systems is presented. The basic idea is to make the driven system a linear observer for the state of the drive system. By developing this approach, a linear time-invariant synchronization error system is obtained, for which a necessary and sufficient condition is given in order to asymptotically stabilize its dynamics at the origin. The suggested tool proves to be effective and systematic in achieving global synchronization. It does not require either the computation of the Lyapunov exponents, or the initial conditions belonging to the same basin of attraction. Moreover, it guarantees synchronization of a wide class of hyperchaotic systems via a *scalar signal*. Finally, the proposed tool is utilized to design a secure communications scheme, which combines conventional cryptographic methods and synchronization of hyperchaotic systems. The utilization of both *cryptography* and hyperchaos seems to make a contribution to the development of communication systems with higher security."

[J12] G. GRASSI, S. MASCOLO,
"A System Theory Approach for Designing Cryptosystems Based on Hyperchaos",

IEEE Transaction on Circuits and Systems, Part I: Fundamental Theory and Applications, vol. 46, n. 9, Sept. 1999, pp.1135-1138. **(Brief)**

Si riporta l'abstract del lavoro: "In this paper a general methodology for designing chaotic and hyperchaotic cryptosystems is developed. The basic idea is to make the decrypter a nonlinear observer for the state of the encrypter. Referring to this concept, some propositions are given which enable the plaintext to be retrieved if proper structural properties of the chaotic system hold. The proposed tool proves to be powerful and flexible, since a wide class of cryptosystems can be designed by exploiting different chaotic and hyperchaotic circuits. The advantages of the suggested approach are illustrated in detail. In particular, the utilization of hyperchaos-based cryptosystems, as well as the increased complexity of the transmitted signal, make a contribution to the development of communication systems with higher security".

[13] G. GRASSI, S. MASCOLO,
"Chaos Synchronization in high-order circuits and time-delay systems using observers",
IEE Electronics Letters, 27 May 1999, vol.35, (no.11):939-40.

In questo lavoro si propone una tecnica di sincronizzazione di circuiti caotici di ordine elevato e caratterizzati da ritardo puro basata sugli osservatori.

2.2.6 Controllo di Sistemi ad Eventi Discreti con applicazione al problema del deadlock nei Sistemi Flessibili di Produzione

Contesto Scientifico

Un Sistema di Produzione Flessibile è costituito da un insieme di stazioni di lavoro, ciascuna dedicata allo svolgimento di particolari tipologie di lavorazioni, interconnesse da un sistema automatico di trasporto che provvede alla movimentazione dei pezzi attraverso le diverse stazioni di lavoro. Tutte le operazioni avvengono sotto la supervisione di un calcolatore. L'obiettivo di tale sistema è quello di raggiungere un'efficienza produttiva comparabile a quella dei sistemi di produzione in serie nel campo della produzione per lotti [D.1].

Nei Sistemi Flessibili di Produzione i pezzi da lavorare concorrono per l'utilizzazione delle risorse. La condivisione può provocare una situazione critica di blocco completo delle attività del sistema denominata *deadlock* o *deadly embrace*. La situazione è quella in cui esiste un insieme di pezzi J_D tale che ogni pezzo appartenente a tale insieme chiede di utilizzare, come risorsa successiva a quella attualmente utilizzata, una risorsa che è detenuta, a sua volta, da pezzi appartenenti allo stesso insieme J_D: in tale circostanza s'instaura una *sequenza circolare di attese* del tipo, A attende B, B attende C,..., H attende A. In assenza di un evento esterno di recupero, tale catena di attese permane indefinitamente e costituisce una situazione di stallo denominata deadlock. Esistono, inoltre, situazioni che, pur non essendo di deadlock, inevitabilmente evolvono verso il deadlock. Pertanto, per evitare il deadlock occorre evitare anche tali situazioni che in letteratura sono indicate con il termine "deadlock di secondo livello" [D.1], [J.3].

Risultati ottenuti e riscontri nazionali e internazionali

La ricerca in oggetto si è essenzialmente svolta durante gli anni del dottorato di ricerca e ha riguardato lo studio dei Sistemi ad Eventi Discreti (DES) con applicazione al controllo del deadlock nei Sistemi Flessibili di Produzione (FMS). I risultati di tale ricerca sono stati pubblicati nella Tesi per il conseguimento del titolo di Dottore di Ricerca [D.1].

Il Sistema Flessibile di Produzione è stato descritto utilizzando il formalismo dei Discrete Event (Dynamical) System (DEDS o DES) e la teoria dei digrafi. Il contributo principale della ricerca è stato quello di trovare le condizioni necessarie e sufficienti per il deadlock di secondo livello. Sono stati definiti un digrafo statico, detto Digrafo delle Lavorazioni, e un digrafo dinamico, funzione dello stato, detto Digrafo delle Transizioni. E' stato dimostrato che una condizione necessaria per il deadlock di secondo livello è la presenza, nel Digrafo delle Lavorazioni, di un insieme di cicli che hanno in comune una e una sola risorsa. Tale "figura" è denominata "rosacea" nella Teoria dei Grafi. Sulla base della suddetta caratterizzazione sono state definite, negando di volta in volta una o più condizioni necessarie al deadlock, leggi di controllo differenti per complessità computazionale e per il grado di restrizione imposto alle possibili allocazioni di risorse [J.1], [J.2], [J.3], [D.1]. Tali leggi di controllo sono state chiamate Politiche di Restrizione. La Politica di Restrizione inibisce o permette un evento del sistema, cioè l'assegnazione di una risorsa ad un pezzo, sulla base sia del Digrafo delle Transizioni, che dipende

dallo stato corrente del sistema, sia sulla base del Digrafo delle Lavorazioni che dipende dalla struttura del sistema.
Si sottolinea che i risultati ottenuti sono basati su una descrizione del sistema effettuata mediante grafi orientati. Si è infatti ritenuto che i digrafi siano il formalismo più adatto per individuare la caratteristica essenziale di una situazione di deadlock che è costituita da un ciclo di attese. Tale scelta si contrappone a quella, frequente in letteratura, del formalismo delle Reti di Petri [D.1]. I risultati della ricerca hanno confermato la validità di questa scelta.
Una delle Politiche di Restrizione proposte ha il pregio di essere la meno restrittiva possibile in senso assoluto perché inibisce soltanto l'assegnazione di risorse che conducono immediatamente al deadlock. Tale politica può essere applicata a una vasta classe di sistemi di interesse pratico [J.1], [J.2], [J.3], [C.1].
In [J.2] è stata condotta un'analisi comparativa delle politiche di controllo al fine di ordinarle in base al grado di restrizione imposto alla libertà di assegnare le risorse. Tale comparazione è stata condotta prima teoricamente, sulla base di una definizione formale di "grado di restrizione", e poi sperimentalmente mediante simulazioni ad eventi discreti condotte al calcolatore. La comparazione ha mostrato la correlazione tra gli indici di prestazione misurati sperimentalmente per ogni politica, quali ad esempio il throughput, e il relativo grado di restrizione della politica [J.2], [D.1].
In [C.2] è stata proposta l'estensione delle Politiche di Restrizione al caso di risorse a capacità multipla. In [C.3] è stato introdotto il concetto di deadlock di terzo livello e, sulla base della sua caratterizzazione, una politica meno restrittiva.

Presentazione delle pubblicazioni sull'argomento

[J14] P. FANTI, B. MAIONE, S. MASCOLO, B. TURCHIANO,
"Event-based Feedback Control for deadlock Avoidance in Flexible Production Systems",
IEEE Trans. on Robotics and Automation, vol. 13, No. 3, June 1997, pp. 347–363.

In questo lavoro si propone un modello dinamico di un sistema flessibile di produzione basato sui digrafi e, partendo da tale descrizione, si propone una legge di controllo in anello chiuso per evitare il deadlock. Si riporta l'abstract: " Modern production facilities (i.e., flexible manufacturing systems) exhibit a high degree of resource sharing, a situation in which deadlocks (circular waits) can arise. Using digraph theoretic concepts we derive necessary and sufficient conditions for a deadlock occurrence and rigorously characterize highly undesirable situations (second level deadlocks), which inevitably evolve to circular waits in the next future. We assume that the system dynamics is described by a discrete event dynamical model, whose state provides the information on the current interactions job-resources. This theoretic material allows us to introduce some control laws (named restriction policies) which use the state knowledge to avoid deadlocks by inhibiting or by enabling some transitions. The restriction policies involve small on-line computation costs, so they are suitable for realtime implementation. For a meaningful class of systems one of these policies is the least restrictive deadlock-free policy one can find, namely it inhibits resource allocation only if leads directly to a deadlock. Finally, the paper discusses the computational complexity of all the proposed restriction policies and shows some examples to compare their performances.

[J15] P. FANTI, B. MAIONE, S. MASCOLO, B. TURCHIANO,
"Performance of Deadlock Avoidance Algorithms in Flexible Manufacturing Systems",
Journal of Manufacturing Systems, vol. 13, no.3, 1996, pp. 164–178, Society of Manufacturing Engineers.

Dall'abstract: "Deadlock is a highly unfavorable situation that can occur in flexible manufacturing systems. The occurrence of a deadlock can cripple parts of a production systems and hinder flexible automation. It is necessary to develop control policies that avoid deadlocks by restricting the freedom in resource allocation; however, such policies can also negatively affect system performance indices. Feedback algorithms, which use information on the current operating conditions of the system to avoid deadlock, can be distinguished based on the effects of the constraints they impose on the freedom in resource allocation. Referring to this, this paper compares performances of some deadlock avoidance policies. First, theoretical analysis is carried out by introducing a criterion for ordering policies by flexibility in resource allocation. Second, avoidance policies are applied to some case studies, which are simulated in details. Simulations confirm theoretical results showing that algorithms allowing larger flexibility lead to better performance indices".

4. ATTIVITÀ DIDATTICA

Negli AA.AA. 1993/94 e 1994/95 svolge un ciclo di seminari per l'insegnamento di Controlli Automatici I, nell'ambito del Corso di Laurea in Ingegneria Elettronica su: "La trasformata di Laplace nell'analisi dei sistemi di controllo".

Nell'A.A. 1993/94 svolge un ciclo di seminari per l'insegnamento di Controlli Automatici, nell'ambito del Diploma Universitario in Ingegneria Elettronica, su: " La trasformata di Laplace nell'analisi dei sistemi di controllo".

Negli AA.AA. 1995/1996, 1996/1997, 1997/98, 1998/1999 svolge le esercitazioni per l'insegnamento di Controlli Automatici I al Corso di Laurea in Ingegneria Elettronica ed è componente della commissione di esame di profitto per l'insegnamneto di Controlli Automatici per allievi ingegneri elettronici. Inoltre svolge attività di assistenza didattica fornendo agli studenti chiarimenti sugli argomenti trattati nel corso.

Negli AA.AA. 1996/97, 1997/98, 1998/99, 1999/2000 svolge le esercitazioni per l'insegnamento di Controllo Digitale per il Corso di Laurea in ingegneria elettronica. Inoltre è componente della Commissione di esame di profitto per il corso di Controllo Digitale per allievi ingegneri elettronici ed elettrici e svolge attività di assistenza didattica fornendo agli studenti chiarimenti sugli argomenti trattati nel corso. Le esercitazioni sono state svolte utilizzando Matlab, Matlab Control Toolbox, e Simulink.

Negli AA.AA. 1999/2000, 2000/2001, 2001/2002 ottiene l'affidamento dei Corsi di Controlli Automatici I e II per il Diploma Universitario in Ingegneria Elettronica.

Nell' A.A. 2001/2002 impartisce per supplenza l'insegnamento di Controlli Automatici per il Diploma Universitario in Ingegneria Elettrica.

Negli AA.AA. 2000/01, 2001/02 e 2002/03 impartisce per supplenza l'insegnamento di Teoria dei Sistemi al Corso di Laurea in Ingegneria dell'Ambiente e del Territorio presso la II Facoltà d'Ingegneria del Politecnico di Bari con sede a Taranto.

Nell' A.A 2002/03 impartisce gli insegnamenti di Fondamenti di Automatica I e Fondamenti di Automatica II al Corso di Laurea in Ingegneria delle Telecomunicazioni.

Nell' A.A 2002/03 impartisce l'insegmaneto di Elementi di Teoria dei Sistemi al Corso di Laurea in Ingegneria Ambientale e del Territorio.

Nell' A.A 2002/03 impartisce l'insegnamento di "Wireless Networking" nell'ambito del Master in Telecomunicazioni del Politecnico di Bari.

Nel 2004 svolge la lezione dal titolo: "Analisi e progettazione di algoritmi di controllo di congestione per Internet" alla Scuola Nazionale del Dottorato in Automatica a Bertinoro.

6. ATTIVITÀ DI RICERCA SVOLTA PRESSO ISTITUZIONI SCIENTIFICHE ESTERE

S. Mascolo ha svolto attività di ricerca presso l'Università della California a Los Angeles e presso l'Università di Uppsala in Svezia.

7.1 Attività svolta presso il Computer Science Department dell'Università della California di Los Angeles (UCLA) nel 1995/96 e nel 1999/2000.

Il prof. Saverio Mascolo ha iniziato la ricerca nel campo del controllo del traffico nelle reti dati al Computer Science Department dell'Università della California di Los Angeles (UCLA). L'Università ha storicamente svolto un ruolo pionieristico nello sviluppo delle Reti di Comunicazione a Commutazione di Pacchetto sotto l'impulso del prof. Leonard Kleinrock che elaborò prima la Teoria delle Code e poi guidò la costruzione del primo nodo a UCLA della rete Arpanet poi evoluta in Internet.
Nel corso del 1995 e per due mesi nel 1996 Saverio Mascolo ha iniziato lo studio del controllo di congestione nelle reti Asynchronous Transfer Mode (ATM applicando le metodologie dei controlli automatici. All'epoca infatti, il problema era affrontato senza utilizzare le metodologie dei Controlli Atomatici.
Gli interessanti risultati raggiunti nel congestion control durante le ricerche svolte nel 1995 e 1996, indussero il Prof. M. Gerla di UCLA a proporre un progetto di ricerca che consentisse di proseguire le ricerche intraprese. Il progetto di ricerca era incentrato sull'applicazione delle tecniche dei controlli automatici ai problemi del controllo della congestione nelle reti ATM. Tale progetto è stato finanziato nel 1998 dala National Science Foundation (NSF). Di seguito è riportato un estratto dal progetto di ricerca alla cui stesura S. Mascolo contribuì in modo determinante.

==========

==========

ESTRATTO DEL PROGETTO NSF 10/1/97-9/30/00 INTITOLATO
"ATM RATE BASED CONGESTION CONTROL"

Work Plan

The project will span a 3-year period. In this research, the PI will be assisted by two graduate students and by Prof. Saverio Mascolo, University of Bari, Italy. Prof. Mascolo's main area of research is Control Theory. He has already collaborated with this PI on research in ATM traffic control. Prof. Mascolo will be leading a parallel research program on the control theoretic aspects of this project at the University of Bari under separate funding. He will visit UCLA one month each year, with NSF support.
In Year I the emphasis will be on unicast traffic. The existing SP-EPRCA model will be exercised and extended in various ways: MCR>0 requirements, buffer vs RTD tradeoffs, various trunk scheduling disciplines (from round robin across individual VC queues to FIFO on a single queue, etc). At the same time, routing algorithms with bandwidth and buffer constraints will be developed and evaluated. Maisie simulation models for SP-EPRCA as well as other EPRCA schemes will be developed, allowing us to compare these schemes in various loading conditions. Experiments with TCP and Internet traffic traces will be carried out.
In Year II, control and algorithm design as well as simulation experiments will be focussed on multicast (both congestion control and routing). Reliable multicast schemes will be simulated, in order to evaluate the performance gained with loss prevention in the ATM layer. In routing, static as well as dynamic (join and leave) multicast tree design techniques will be explored. Implementation of selected algorithms in OPENET and Gigabit Network Kit environments will commence.
In Year III, selected testbed implementations will be completed. Various experiments will be carried out, using artificial traffic generators as well as measured traffic traces. Experimental results will be validated via simulation. The lessons learned during implementation (eg, complexity of particular algorithm features) will be used to refine and streamline the algorithms. Potential applications of our feedback controls to other network protocols (eg, TCP/IP) will also be explored.

==========

Nel periodo luglio 1999/gennaio 2000, l'ing. Saverio Mascolo ha svolto nuovamente attività di ricerca presso il Computer Science Department dell'Università della California di Los Angeles in qualità di Visiting Researcher collaborando ai seguenti progetti:

1) Research Project on "ATM congestion control" (1999-2001) funded by National Science Foundation.

2) EPRI and DDR&E, Complex Interactive Networks/Systems Initiative, multi-university consortium (CalTech, UCLA, UCSB, MIT, U. of Illinois U-C): "From Power Laws to Power Grids: a Mathematical and Computational Foundation for Complex Interactive Networks".

Nell'ambito del progetto 1) le ricerche sono state focalizzate sul controllo di congestione per l'Internet Transmission Control Protocol (TCP). L'attività di ricerca guidata da S. Mascolo ha portato ai primi tentativi d'implementazione di TCP Westwood.
Il progetto 2), descritto alla pag. 104 della rivista IEEE Control Systems, Dec. 1999, è una ricerca di 5 anni finanziata per 30 milioni di dollari e sponsorizzata congiuntamente dall'EPRI e dal Deputy of Defense for Science and Technology. L'obiettivo è sviluppare nuovi concetti per gestire reti complesse e interconnesse come le reti di potenza, di telecomunicazione, di trasporto e le infrastrutture bancarie e finaziarie. Sei consorzi universitari sono stati selezionati attraverso un processo molto competitivo. S. Mascolo ha partecipato alle ricerche del consorzio formato da CalTech, UCLA, UCSB, MIT, U. of Illinois U-C) sul tema "From Power Laws to Power Grids: a Mathematical and Computational Foundation for Complex Interactive Networks". Tale consorzio è guidato dal Prof. J. Doyle del Cal Tech. In particolare, egli ha collaborato con il Prof. Fernando Paganini (Prof. of Automatic Control in the Electrical Department, UCLA, paganini@ee.ucla.edu) e il Prof. Mario Gerla (Prof. of Computer Science, Computer Science Department, gerla@cs.ucla.edu). Il principale compito di S. Mascolo è stato quello di coordinare una attività di ricerca interdisciplinare tra il prof. Gerla, del gruppo di ricerca sul Networking, e il Prof. Paganini, del gruppo di ricerca di Automatica, il quale per la prima volta affrontava il controllo di congestione nelle reti di comunicazione.

7.2 Department of Signal and Systems dell'Università di Uppsala, Svezia

Nell'aprile 2001 il prof. S. Mascolo è stato invitato dal prof. M. Sternad a visitare il Dipartimento di Segnali e Sistemi dell'Università di Uppsala per tenere un seminario sulle ricerche svolte nel settore del controllo di congestione ed instaurare una collaborazione di ricerca. A partire da quella data fino ad oggi il prof. S. Mascolo è stato invitato 3 volte all'anno per periodi di due settimane per collaborare, in qualità di external academic consultant, al progetto di ricerca "Wireless IP" finanziato per 2Meur dalla Swedish Strategic Research Foundation e a cui partecipano le Università svedesi di Uppsala, Goteborg, Chalmers, Karlstad e i partner industriali Ericcson Research, Ericsson Mobile Data Design e Nera.
Nell'Enclosue 1 del Research Program "SSF Ramansag IT 2001: Wireless IP" redatto dai proff. M. Sternad, Uppsala Univ., A. Svensson, Chalmers univ., A. Brunstrom, Karlstad Univ., A. Ahlen, Uppsala Univ., T. Ottosson, Chalmers Univ. and M. Viberg, Chalmers Univ., alla sezione 3.3 intitolata "Transport Protocols over Fading Wireless Links" si legge:

"*An ingenious end-to-end scheme that requires modification of the bandwidth estimation algorithms only at the sender side of a TCP connection is TCP Westwood recently proposed by Saverio Mascolo, who is engaged as a researcher in our project. Preliminary investigations have shown TCP Westwood to provide a large performance improvement over wireless links*".

Nella sezione 3.2.2 del medesimo documento intitolata "Control aspects of congestion control and resource allocation" si legge:

"*The control theory community has so far been strangely uninterested in algorithms like TCP, which actually constitutes the world's largest distributed and stable control system. An example of fundamental insight, that was obtained only recently by Mascolo, is that congestion control in ATM and TCP corresponds to the use of a classical Smith predictor feedback control structure for dynamic systems that include time delays*".

8. **BORSE DI STUDIO FINALIZZATE ALL'ATTIVITÀ DI RICERCA**

Saverio Mascolo è risultato vincitore di due borse di studio finalizzate ad attività di ricerca:

1) Borsa di studio della durata di un anno concessa dal Politecnico di Bari nel 1994.

2) Borsa di studio della durata di sei mesi elargita dal Consiglio Nazionale delle Ricerche nel 1998.

Con entrambe le borse. Saverio Mascolo ha svolto attività di ricerca presso l'Università della California a Los Angeles.

9. SEMINARI ED INVITED TALKS

Saverio Mascolo ha svolto vari seminari sulle ricerce svolte nelle seguenti tematiche:

1) Metodi di controllo per reti di comunicazione
2) Algoritmi di controllo di congestione per reti di comunicazione
3) Metodi di controlli per la Qualità del Servizio (QoS)

I seminari sono stati svolti nelle seguenti Università o istituzioni di ricerca

- Uppsala University, Svezia, April 2001
- KTH, Stoccolma, Svezia, August 2001
- Università di Compiegne, Francia, Settembre 2003
- Università Federico II di Napoli, Ottobre 2003
- Conference call con Olivier Martin del CERN di Ginevra nel novembre 2004
- Università di Berkeley, Dicembre 2004
- Università di Stanford, Dicembre 2004
- HP Research Laboratories, Palo Alto (CA), Dicembre 2004
- Stanford Linear Accelerator Laboratory, Palo Alto (CA), Dicembre 2004
- FTW Center for Telecommunication, Vienna, Austria, Aprile 2004.
- Eurecom, Nice, france, Ottobre 2004
- INRIA, Sophia Antipolis, France. Inited talk at the TCP ARC Workshop 2004.