



DEI DIPARTIMENTO DI
INGEGNERIA ELETTRICA
E DELL'INFORMAZIONE

BARI, _____
70125 BARI – Via Orabona, 4
Tel. 080/596.3457 – Fax
080/596.3410

Prot. _____

Al Magnifico Rettore
SEDE

Al Settore Risorse Umane
SEDE

Oggetto: Trasmissione atti del Consiglio del Dipartimento DEI n. 14 del 04/08/2020 – ristretto ai professori di I e II fascia.

Per gli adempimenti di competenza, si trasmettono, in allegato alla presente, i seguenti atti:

Dispositivo p.34 del Consiglio DEI n. 14 del 04/08/2020 Ristretto PO+PA

34. Avvio procedura di chiamata dell'RTD-b come professore di II fascia – Richiesta dott. De Cicco – s.s.d. ING-INF/04

Cordiali saluti.

IL DIRETTORE
Prof. Ing. Saverio MASCOLO


**CONSIGLIO DI DIPARTIMENTO N. 14/2020 DEL GIORNO 04/08/2020
RISTRETTO AI DOCENTI DI I FASCIA E DI II FASCIA**

DISPOSITIVO p.34 Odg

Il giorno 4 del mese di **agosto** dell'anno **2020**, alle ore **12,20**, a seguito di convocazione di cui alle note Prot. 0017838 del 28/07/2020 - [Cl. II/6] e Prot. 0018129 del 31/07/2020 - [Cl. II/6], si è tenuta telematicamente l'**adunanza n. 14/2020 del Consiglio del Dipartimento di Ingegneria Elettrica e dell'Informazione, ristretto ai professori di I e di II fascia**, per discutere il seguente:

ORDINE DEL GIORNO

- Approvazione verbali sedute precedenti

- 34. Avvio procedura di chiamata dell'RTD-b come professore di II fascia – Richiesta dott. De Cicco – s.s.d. ING-INF/04

- 35. Richiesta di posti di Professore di II Fascia e di RTDb, giusta delibera del C.d.A.

All'apertura dei lavori, sono presenti

- il Direttore, Prof. Saverio MASCOLO;
- delegata del Responsabile dei Servizi Amministrativi, Sig.ra Paola MINIELLO.

Il Direttore, in qualità di Presidente del Consiglio di Dipartimento, nomina la Sig.ra Paola MINIELLO, Segretario verbalizzante.

Si riporta di seguito la tabella di rilevazione delle presenze (**Allegato 1** – Foglio delle presenze):

N°	Ruolo	Cognome	Nome	Presenti	Assenti	Giustificati
1	P.O.	Andria	Gregorio	x		
2	P.O.	Attivissimo	Filippo	x		
3	P.O.	Boggia	Gennaro	x		
4	P.O.	Carpentieri	Mario	x		
5	P.O.	Cupertino	Francesco		x	
6	P.O.	D'Orazio	Antonella	x		
7	P.O.	Di Noia	Tommaso			x
8	P.O.	Di Sciascio	Eugenio		x	
9	P.O.	Dotoli	Mariagrazia	x		
10	P.O.	Fanti	Maria Pia	x		
11	P.O.	Grieco	Luigi Alfredo	x		
12	P.O.	La Scala	Massimo	x		

N°	Ruolo	Cognome	Nome	Presenti	Assenti	Giustificati
13	P.O.	Mascolo	Saverio	x		
14	P.O.	Naso	David		x	
15	P.O.	Perri	Anna Gina	x		
16	P.O.	Prudenzano	Francesco	x		
17	P.O.	Ruta	Michele	x		
18	P.A.	Acciani	Giuseppe	x		
19	P.A.	Ardito	Carmelo Antonio	x		
20	P.A.	Avitabile	Gianfranco	x		
21	P.A.	Bevilacqua	Vitoantonio	x		
22	P.A.	Bozzetti	Michele	x		
23	P.A.	Cafaro	Giuseppe		x	
24	P.A.	Calò	Giovanna	x		
25	P.A.	Carnimeo	Leonarda	x		
26	P.A.	Ciminelli	Caterina	x		
27	P.A.	De Leonardis	Francesco			
28	P.A.	De Tuglie	Enrico Elio			
29	P.A.	De Venuto	Daniela	x		
30	P.A.	Di Lecce	Vincenzo	x		
31	P.A.	Dicorato	Maria	x		
32	P.A.	Giaquinto	Nicola	x		
33	P.A.	Guerriero	Andrea	x		
34	P.A.	Lanzolla	Anna Maria Lucia	x		
35	P.A.	Maione	Guido	x		
36	P.A.	Marino	Francescomaria	x		
37	P.A.	Marzocca	Cristoforo	x		
38	P.A.	Meloni	Carlo	x		
39	P.A.	Mescia	Luciano	x		
40	P.A.	Mongiello	Marina	x		
41	P.A.	Passaro	Vittorio	x		
42	P.A.	Petruzzelli	Vincenzo	x		
43	P.A.	Politi	Tiziano	x		
44	P.A.	Popolizio	Marina	x		
45	P.A.	Sbrizzai	Roberto	x		
46	P.A.	Stasi	Silvio	x		
47	P.A.	Vergura	Silvano	x		

Il Presidente, alle ore 12,22, constatato il raggiungimento del numero legale dichiara aperta la seduta.

Omissis

34. AVVIO PROCEDURA DI CHIAMATA DELL'RTD-B COME PROFESSORE DI II FASCIA – RICHIESTA DOTT. DE CICCO – S.S.D. ING-INF/04

Il Presidente riferisce che il dott. De Cicco, ricercatore a tempo determinato di tipo b (ai sensi del co. 3, lett. b, dell'art. 24, della legge 240/2010), assunto a decorrere dal 05/02/2018, nel s.s.d. ING-INF/04 "Automatica",

per la durata di 36 mesi, ha chiesto a questo Consiglio di Dipartimento, con nota assunta al Prot. 0017656 del 24/07/2020 - [Cl. VII/1] (Allegato n.1 p.34 C.DEI 14-2020), la valutazione ai fini della chiamata come professore di II fascia, avendo l'interessato conseguito l'abilitazione scientifica alle funzioni di professore di seconda fascia.

Tanto premesso, il Presidente ricorda che il Regolamento di Ateneo per la disciplina delle chiamate dei professori di prima e di seconda fascia, emanato con D.R. n. 475 del 08/08/2018, all'articolo 10 recita:

Art. 10 – Modalità di svolgimento della procedura di chiamata dei ricercatori a tempo determinato di tipo b) come professori di seconda fascia

1. I ricercatori a tempo determinato di cui all'art. 24, comma 3, lettera b), della Legge n. 240/2010, che abbiano conseguito l'abilitazione scientifica alle funzioni di professore di seconda fascia nel medesimo settore concorsuale all'interno del quale sono stati assunti presso il Politecnico di Bari, possono essere chiamati come professori di seconda fascia, compatibilmente con le risorse finanziarie disponibili, previa valutazione da effettuarsi nell'ambito della procedura di cui al presente articolo.
2. Nel corso del terzo anno di contratto, su istanza dell'interessato, il Dipartimento nel quale presta servizio il ricercatore a tempo determinato di cui all'art. 24, comma 3, lettera b), avvia il medesimo ricercatore a valutazione ai fini della chiamata come professore di seconda fascia, con delibera assunta in composizione ristretta a maggioranza assoluta dei professori di prima e seconda fascia, previa verifica della sussistenza delle risorse necessarie per finanziare la chiamata. Alla delibera così assunta deve essere assicurata adeguata pubblicità sul sito web del Politecnico, nella sezione dedicate alle procedure di chiamata.
In sede di adozione della delibera, il Consiglio di Dipartimento predispone una relazione dettagliata sull'attività didattica, di didattica integrativa e di servizio agli studenti nonché sull'attività di ricerca svolta dall'interessato; successivamente tale relazione deve essere trasmessa alla Commissione di cui al seguente art. 11.
3. Non possono essere chiamati come professori di seconda fascia con la procedura di cui ai precedenti commi coloro i quali, al momento della chiamata, abbiano un grado di parentela o affinità entro il quarto grado compreso, ovvero siano in rapporto di coniugio o di unione civile o convivenza disciplinati dalla legge 20 maggio 2016, n. 76, con un professore appartenente al Dipartimento o alla struttura che effettua la chiamata ovvero con il Rettore, con il Direttore Generale o un componente del Consiglio di Amministrazione dell'Ateneo.

Il Presidente, inoltre, ricorda che l'art. 11 prevede che:

Art. 11 – Commissione giudicatrice

1. La valutazione del ricercatore è effettuata da una Commissione nominata dal Rettore e costituita con le stesse modalità previste per la costituzione della Commissione valutatrice per le procedure finalizzate alla chiamata dei professori di seconda fascia, di cui all'art. 5 del presente Regolamento. I nominativi del professore designato dal Consiglio del Dipartimento e dei 4 professori fra i quali effettuare il sorteggio sono contenuti nella medesima delibera di cui al comma 2 dell'art. 10.
2. Oltre a quanto previsto all'art. 5 del presente Regolamento, della Commissione non possono far parte i professori che sono stati membri della Commissione giudicatrice della procedura in esito alla quale il ricercatore a tempo determinato di cui all'art. 24, comma 3, lettera b) è stato chiamato presso il Politecnico di Bari. I commissari dovranno dichiarare altresì l'insussistenza delle cause di astensione di cui all'art. 51 del C.P.C..

Ciò premesso, il Presidente apre la discussione e passa la parola al docente, professore di I fascia, del settore coinvolto, per illustrare l'attività svolta dal dott. De Cicco e avere una proposta di Commissione come base di discussione. È allegata al presente dispositivo la Relazione.

Il docente interessato propone i nominativi di seguito indicati, per la costituzione della commissione giudicatrice di cui trattasi.

Pertanto, il Presidente propone al Consiglio ristretto:

MEMBRO DELLA COMMISSIONE DESIGNATO DAL DIPARTIMENTO, PER LA PROCEDURA SSD ING-INF/04

Prof. David NASO PoliBA – Dipartimento Ingegneria Elettrica e dell'Informazione

ELENCO DI 4 PROFESSORI ORDINARI, TRA I QUALI INDIVIDUARE GLI ALTRI DUE COMMISSARI, PER LA PROCEDURA SSD ING-INF/04

Prof. Luigi Chisci Università di Firenze
Prof. Sergio Savaresi Politecnico di Milano
Prof. Sauro Longhi Università Politecnica delle Marche
Prof. Letizia Corradini Università di Camerino

Terminata la relazione, il Presidente invita il Consiglio, ristretto ai professori di I e di II fascia, ad esprimere il proprio parere in merito, chiedendo contestualmente agli organi competenti la prescritta verifica della sussistenza delle risorse necessarie per finanziare la chiamata e proponendo la nominata della Commissione.

Dopo breve discussione:

IL CONSIGLIO DI DIPARTIMENTO

VISTO il "Regolamento di Ateneo per la disciplina delle chiamate dei professori di prima e di seconda fascia", emanato con D.R. n. 475 del 08/08/2018;
UDITA la relazione del Presidente;

all'unanimità dei presenti:

DELIBERA

- di procedere all'attivazione della procedure di chiamata per un posto di professore di II fascia nel settore scientifico disciplinare ING-INF/04 "Automatica", ai sensi dell'art.10 del "Regolamento di Ateneo per la disciplina delle chiamate dei professori di prima e di seconda fascia", emanato con D.R. n. 475 del 08/08/2018, chiedendo contestualmente agli Organi competenti la prescritta verifica della sussistenza delle risorse necessarie per finanziare questa chiamata.
- per quanto riguarda la formazione della Commissione giudicatrice, ai sensi del combinato disposto dell'art. 11 e art. 5 del vigente "Regolamento di Ateneo per la disciplina delle chiamate dei professori di prima e di seconda fascia", di approvare la proposta presentata dal Presidente come di seguito riportata:

MEMBRO DELLA COMMISSIONE DESIGNATO DAL DIPARTIMENTO, PER LA PROCEDURA SSD ING-INF/04

Prof. David NASO PoliBA – Dipartimento Ingegneria Elettrica e dell'Informazione

ELENCO DI 4 PROFESSORI ORDINARI, TRA I QUALI INDIVIDUARE GLI ALTRI DUE COMMISSARI, PER LA PROCEDURA SSD ING-INF/04

Prof. Luigi Chisci Università di Firenze
Prof. Sergio Savaresi Politecnico di Milano

Prof. Sauro Longhi

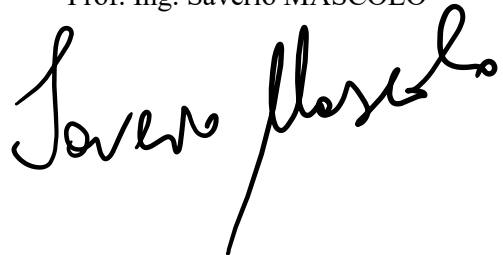
Università Politecnica delle Marche

Prof. Letizia Corradini

Università di Camerino

Gli allegati sono parte integrante del presente dispositivo.
La presente delibera è immediatamente esecutiva.

IL PRESIDENTE
Prof. Ing. Saverio MASCOLO

A handwritten signature in black ink, reading "Saverio Mascolo". The signature is written in a cursive style with a long, sweeping tail on the final letter.

Bari, 23 luglio 2020

**Al Direttore del Dipartimento
di Ingegneria Elettrica e dell'Informazione
Politecnico di Bari
Sede**

e p.c. **Al Magnifico Rettore del
Politecnico di Bari
Sede**

e p.c. **Al Responsabile del settore Risorse Umane
del Politecnico di Bari
Sede**

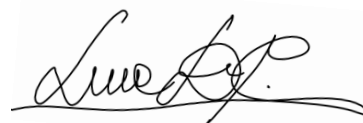
Il sottoscritto Luca DE CICCO, C.F. DCCLCU79H24A662A, nato a Bari il 24/06/1979, [redacted]
[redacted] qualità di ricercatore a tempo determinato di cui all'art. 24, comma 3, lettera b), della Legge 240/2010 afferente al S.S.D. ING-INF/04 "Automatica", con decorrenza 4/2/2021, avendo conseguito l'abilitazione scientifica nazionale alle funzioni di professore di seconda fascia in data 7/4/2017 sulla base di quanto disposto dall'art. 10, comma 2, del Regolamento di Ateneo emanato con D.R. 475 del 8/8/2018

CHIEDE

di essere sottoposto a valutazione ai fini dell'avvio della procedura di chiamata a professore di seconda fascia nel S.S.D. ING-INF/04.

Allega alla presente richiesta copia del Curriculum Vitae.

Firma



CURRICULUM VITAE
ET STUDIORUM

•LUCA DE CICCIO•

10 LUGLIO 2020

Indice

1	Attività svolte nell'ambito della posizione professionale attualmente ricoperta	4
1.1	Attività di ricerca	4
1.1.1	Produzione scientifica	4
1.1.2	Progetti di ricerca	9
1.1.3	Attività connesse alla ricerca	9
1.2	Attività didattiche	10
1.2.1	Docenza in Corsi di Laurea Triennali e Magistrali	10
1.2.2	Attività di relatore	12
1.3	Attività istituzionali	12
2	Generalità	13
2.1	Posizione professionale ricoperta attualmente	13
2.2	Abilitazione Scientifica Nazionale	13
2.3	Abilitazione a Maitre de Conferences	13
2.4	Posizioni da ricercatore universitario strutturato ricoperte	13
3	Formazione	14
3.1	Formazione Universitaria	14
3.2	Dottorato di Ricerca	14
3.3	Formazione e Ricerca all'estero	14
3.4	Borse di studio post dottorato	14
3.5	Assegni di ricerca	15
3.6	Corsi di dottorato	15
4	Ricerca scientifica	16
4.1	Indicatori bibliometrici	16
4.2	Tematiche di Ricerca	16
4.2.1	Controllo di congestione per applicazioni di comunicazione in tempo reale su Internet	17
4.2.2	Sistemi di controllo per il video streaming adattativo	19
4.2.3	Allocazione equa delle risorse delle reti di distribuzione per il video streaming	22
4.3	Collaborazioni scientifiche con gruppi di ricerca internazionali	24
4.4	Progetti di ricerca	26
4.5	Premi ottenuti per le attività di ricerca svolte	27
4.6	Attività connesse alla ricerca	28
4.6.1	Attività editoriale	28
4.6.2	Revisione di Articoli Scientifici	28
4.6.3	Seminari invitati	29

4.6.4	Partecipazione a conferenze in qualità di relatore	30
4.6.5	Attività di tutoraggio di tesi di dottorato	30
5	Attività didattica	31
5.1	Docenza in Corsi di Laurea	31
5.2	Cicli di Sostegno alla Didattica	32
5.3	Altre attività di docenza	32
5.4	Tesi di laurea	33
6	Attività istituzionali	34
6.1	Commissioni di Dottorato	34
6.2	Partecipazione a commissioni e collegi	34
7	Pubblicazioni	35
7.1	Riviste internazionali	35
7.2	Conferenze internazionali con pubblicazione degli atti	37
7.3	Documenti di Standardizzazione	41
7.4	Tesi di dottorato	41

Elenco delle tabelle

1	Insegnamenti per i quali l'Ing. De Cicco è stato docente nel periodo di riferimento	11
2	Tesi di laurea per le quali l'Ing. De Cicco è stato relatore/co-relatore	12
3	Indicatori bibliometrici	16

1 Attività svolte nell'ambito della posizione professionale attualmente ricoperta

L'Ing. Luca De Cicco è risultato vincitore della procedura concorsuale bandita dal Politecnico di Bari con D.R. n. 332 del 24/07/2017 (codice procedura RUTDb 17.05) ed ha sottoscritto il giorno 5/2/2018 un contratto da ricercatore a tempo determinato art. 24, comma 3, lettera b, L. 240/2010 con il Politecnico di Bari con afferenza al Dipartimento di Ingegneria Elettrica e dell'Informazione (DEI). La scadenza di tale contratto è il 4/2/2021.

Questo documento ha l'obiettivo di descrivere le attività professionali complessivamente svolte dall'Ing. Luca De Cicco ed è allegato alla richiesta di valutazione ai fini dell'avvio della procedura di chiamata a professore di seconda fascia nel S.S.D. ING-INF/04 "Automatica". Si fa presente che l'Ing. De Cicco ha conseguito il 7/4/2017 l'Abilitazione Scientifica Nazionale alle funzioni di professore di seconda fascia nel settore concorsuale 09/G1.

Nella restante parte di questa sezione (Sezione 1) sono descritte le attività svolte nell'ambito della posizione da ricercatore a tempo determinato di tipo B dalla data di stipula del contratto ad oggi (5/2/2018-10/7/2020). In particolare, la Sezione 1.1 descrive le attività di ricerca, la Sezione 1.2 è dedicata alle attività didattiche svolte e infine la Sezione 1.3 riassume le attività istituzionali affidate al sottoscritto. Le attività complessivamente svolte sono riportate in forma più estesa nella restante parte del documento a partire dalla Sezione 2.

1.1 Attività di ricerca

1.1.1 Produzione scientifica

Le attività di ricerca svolte complessivamente dall'Ing. De Cicco si inquadrano nell'ambito del controllo dei sistemi a rete con particolare riferimento alle applicazioni su Internet¹. Nell'ambito della attuale posizione da ricercatore a tempo determinato di tipo B, l'Ing. De Cicco ha svolto principalmente attività di ricerca sulle tematiche inerenti al controllo di applicazioni per la distribuzione massiva di contenuti video su Internet anche in innovative modalità di fruizione in *Augmented Reality/Virtual Reality*. In seguito si descrivono sinteticamente le attività di ricerca svolte.

Distribuzione massiva di video su Internet

La distribuzione massiva di contenuti video su Internet verso una *audience* potenziale di milioni di utenti contemporanei richiede la progettazione di una piattaforma che gestisca efficientemente le risorse di rete e di computazione. Gli standard oggi in uso (MPEG-DASH e HLS) prevedono che lo stesso video sia codificato in diverse *rappresentazioni* o *livelli* caratterizzati da risoluzione e bitrate differenti che formano un insieme discreto denominato *level set* o *adaptation set*. L'architettura di controllo attualmente impiegata prevede che i

¹Una trattazione più ampia è presentata nella Sezione 4.2

client decidano autonomamente e dinamicamente il livello video da scaricare e riprodurre in base ad un algoritmo di controllo denominato *Adaptive BitRate* (ABR) che ha l'obiettivo principale di garantire una riproduzione priva di stalli dovuti allo svuotamento completo della coda di riproduzione. Tale approccio, completamente distribuito e non cooperativo, ha il pregio di essere molto semplice da realizzare ma ha lo svantaggio di non poter garantire un livello equo di qualità agli utenti del servizio. Si può infatti dimostrare che, in condizioni di scarsità di risorse, tale approccio massimizzi la qualità media ottenuta globalmente da tutti gli utenti con la conseguenza che pochi utenti potrebbero ottenere una qualità molto alta a discapito di molti utenti che potrebbero invece fruire il servizio ad una qualità molto scarsa. Per far fronte a questo problema è necessario progettare piani di controllo con l'obiettivo di garantire una allocazione di risorse equa in termini di qualità percepita. Si noti che questo problema è fortemente sentito dai gestori delle reti di distribuzione di contenuti a pagamento come ad esempio Netflix, Disney+, Comcast².

Oggi le reti SDN permettono di controllare in maniera diretta flussi o aggregati di flussi assegnandone i percorsi e la banda in base ad un algoritmo di allocazione. Dunque l'architettura così proposta è costituita da: 1) un algoritmo di controllo centralizzato, il *Video Control Plane* (VCP), che assegna le risorse di banda della rete di distribuzione e 2) gli algoritmi di controllo ABR che, lato client e in maniera del tutto disaccoppiata dalla componente centralizzata (il VCP), decidono il livello video da scaricare e riprodurre. In tale contesto tecnologico, l'attività di ricerca svolta dall'Ing. De Cicco ha riguardato sia la progettazione di algoritmi di controllo per l'allocazione delle risorse di rete che lo studio di algoritmi di controllo ABR. In seguito si discutono sinteticamente tali contributi.

La progettazione di VCP per l'assegnazione delle risorse parte dall'evidenza secondo la quale a parità di banda assegnata, utenti che visualizzano lo stesso video su dispositivi aventi schermi a risoluzioni diverse percepiscono una qualità differente. Inoltre, a parità di banda assegnata e di dispositivo impiegato, la fruizione di video dai contenuti e dalle caratteristiche differenti (es. video sportivi, film, etc) potrebbe portare a qualità percepite differenti. L'approccio proposto parte dunque dalla definizione di funzioni di utilità $U_{vr}(x)$ che misurano la qualità percepita da un utente in funzione della banda di rete x ad esso assegnata quando riproduce un video v su uno schermo a risoluzione r . L'obiettivo dell'algoritmo di allocazione delle risorse è dunque quello di determinare, noto il traffico che insiste sulla rete, i percorsi e la banda ad essi allocati per equalizzare le utilità $U_{vr}(x)$. E' facile verificare che il problema generale dell'equalizzazione esatta della qualità percepita non scala con l'enorme numero di utenti simultanei che impiegano il servizio di distribuzione. In [FATMM-19],[IFACWC-20] mostriamo che un approccio per rendere computazionalmente trattabile questo problema è quello di formularlo come un *Multi-Commodity Flow Problem* (MCFP). La soluzione proposta in [FATMM-19],[IFACWC-20] si basa su una tecnica che suddivide le risorse di rete in porzioni o *slice* e assegna ad esse richieste video simili in base a una metrica di similarità dipendente dal contenuto del video.

²Rif. keynote presentato Weidong Mao di Comcast Cable a ACM MMSys '19 intitolato "Next Generation IP Video Architecture: Trends, Challenges, and Solutions".

In estrema sintesi, in [FATMM-19],[IFACWC-20] si propone di raggruppare sessioni video simili allo stesso aggregato che prende il nome di *classe di traffico*. Ciò permette di passare dalla formulazione di un problema con un numero di variabili proporzionali al numero delle sessioni video contemporaneamente attive (potenzialmente nell'ordine dei milioni) a problemi con un ridotto numero di variabili dipendente dal numero di classi di traffico scelta.

Le prestazioni della strategia di allocazione delle risorse proposta sono state valutate tramite un simulatore opportunamente progettato in scenari che considerano migliaia di utenti simultanei su reti reali variando sia il carico totale sulla rete sia i parametri di sistema. In [IFACWC-20] è stato considerato il caso multi-path in cui il carico aggregato generato da una classe di traffico sia realizzato mediante un certo numero di percorsi di rete. In [IFACWC-20] è stato dimostrato che esiste un trade-off tra la qualità media percepita dagli utenti e l'equità: in particolare, nel caso in cui non si impieghi l'algoritmo di allocazione proposto la qualità percepita mediamente è più alta, ma utenti di diverse classi ottengono prestazioni notevolmente differenti. D'altra parte l'algoritmo di allocazione proposto è in grado di mantenere una alta equità riducendo la qualità mediamente percepita dagli utenti in maniera non rilevante. Le attività di ricerca sul controllo delle risorse delle reti di distribuzione per lo streaming video ha anche portato ad una pubblicazione sulla rivista *Ad Hoc Networks* di Elsevier [ADHOC 2019].

Con riferimento al problema della progettazione di algoritmi ABR, nel periodo di riferimento l'Ing. De Cicco ha presentato alla conferenza *ACM MultiMedia Systems 2019* [MMSYS-19] una metodologia denominata «ERUDITE» per tarare dinamicamente i parametri di un generico algoritmo di controllo ABR lo streaming video. E' infatti noto che, a causa della imprevedibile variabilità della banda end-to-end su Internet e della eterogeneità dei contenuti video, non è possibile trovare un set di parametri del controllore ABR che funzioni in maniera ottimale indipendentemente dallo scenario considerato. ERUDITE è basato su una rete neurale profonda che stima continuamente il set di parametri ottimi del controllore. Per l'addestramento della rete neurale è stato costruito un dataset di ground truth contenente i parametri ottimi del controllore determinati sperimentalmente per migliaia di scenari. Un elemento distintivo del sistema proposto è che nella fase di training della rete neurale si considera esplicitamente una misura di robustezza che permette privilegiare parametri più robusti che ottengono una reward più bassa rispetto a parametri con reward più elevata ma caratterizzati da una scarsa robustezza. I parametri ottimi sono stati determinati massimizzando sperimentalmente un funzionale che misura la qualità percepita dall'utente in base a parametri oggettivi facilmente misurabili dall'applicazione in tempo reale (durata e frequenza degli stalli di riproduzione, bitrate medio riprodotto, ampiezza e frequenza di switch di livello). Per la massimizzazione del funzionale è stato impiegato un metodo *model-free* denominato Safe Optimization (Sui *et al.*, *Proc. ICML*, 2015) che esplora efficientemente lo spazio dei parametri sfruttando una tecnica basata sulla regressione dei processi gaussiani.

Distribuzione di video immersivi in modalità VR/AR

Una ulteriore linea di ricerca portata avanti durante il periodo di riferimento ha riguardato la progettazione di sistemi di controllo per lo streaming di contenuti video immersivi in Realtà Virtuale e Realtà Aumentata. Tale tecnologia può essere considerata come l'evoluzione dello streaming video classico. I contenuti immersivi sono video prodotti catturando una scena in tutte le direzioni simultaneamente con un gruppo di videocamere. I video così ottenuti sono manipolati in post produzione in modo tale che la scena 3D sia rappresentata in 2D impiegando una generica proiezione della sfera su un rettangolo (es. proiezione equi rettangolare). Il video così rappresentato viene trasmesso su Internet con le stesse modalità impiegate per i video classici. Quando il video giunge all'utente esso è proiettato nuovamente su una sfera. Ciò permette all'utente di inquadrare dinamicamente una porzione della scena e di navigare liberamente impiegando visori montati sulla testa (Head Mounted Display - HMD). Si noti che il *viewport*, ovvero la porzione della scena inquadrata, ha una risoluzione pari a circa 1/6 di quella dell'intera scena. Risulta evidente che inviare tutta la sfera implica uno spreco di risorse di rete che potrebbero essere invece sfruttate per migliorare la qualità visiva all'interno del viewport. A tale scopo è stato proposto in letteratura l'approccio detto *Viewport Dependent Delivery (VDD)* che prevede che solo una porzione del video, quella che si suppone cada nel viewport dell'utente, sia codificata ad alta qualità mentre le altre porzioni sono codificate a una qualità più bassa. Ciò permette di diminuire il bitrate del video da trasmettere su Internet.

Nell'approccio da noi proposto in [MMSYS-18], l'architettura di controllo per i sistemi VDD prevede, oltre al livello video, un ulteriore ingresso manipolabile che è la «vista» o *view*. La vista è una rappresentazione della scena 360° nella quale una data porzione della sfera è codificata ad un bitrate più elevato rispetto alla restante parte della sfera. Per ogni video si producono un certo numero di viste centrate ad un certo angolo di imbardata che formano un insieme detto *view set* \mathcal{V} . L'architettura di controllo proposta è dunque suddivisa in due componenti: 1) l'ABR controller che impiega il livello video $l(t)$ per far fronte alle variazioni nella banda di rete end-to-end; 2) il *View Switch Controller (VSC)* sceglie dinamicamente la vista $v(t) \in \mathcal{V}$ per far fronte ai cambiamenti di inquadratura dovuti allo spostamento della testa dell'utente. In particolare, la vista $v(t)$ viene scelta con l'obiettivo di garantire che la qualità del video nel viewport sia la più alta possibile. In [ITL-2019],[ITL-2020] è stato progettato ed implementato il sistema di controllo che realizza l'architettura di controllo presentata in [MMSYS-18]. In tale sistema si impiega il controllore ABR denominato ELASTIC proposto dall'Ing. De Cicco in [PV13-2] ed un VSC che prende in ingresso la stima della posa dell'utente ottenuta filtrando opportunamente i dati ottenuti dall'IMU. Il sistema progettato è stato implementato in un prototipo reale che è stato utilizzato per valutare le prestazioni al variare dei parametri del sistema di controllo. Inoltre, è stato progettato TAPAS-360, uno strumento che consente la prototipazione rapida di algoritmi di controllo per lo streaming video in formato panoramico. Lo strumento permette di effettuare sperimentazioni accurate in ambienti di rete controllati con un elevato numero di sessioni video concorrenti. TAPAS-360 è stato reso disponibile alla comunità accademica

in licenza open-source su GitHub³. Una attività di ricerca attualmente in corso riguarda lo studio di algoritmi data-driven basati sulle cosiddette mappe di salienza per la predizione della posizione della testa dell'utente che sarà utilizzata per la progettazione di algoritmi di controllo MPC.

Publicazioni

In seguito si riportano le pubblicazioni prodotte nel periodo di riferimento. La lista di pubblicazioni completa è riportata nella Sezione [7](#).

Riviste internazionali

- [ITL-2020] G. Ribezzo, L. De Cicco, V. Palmisano, S. Mascolo, “A DASH 360° Immersive Video Streaming Control System”, *Internet Technology Letters*, Wiley, itl2.175, doi: 10.1002/itl2.175, May, 2020
- [ITL-2019] L. De Cicco, S. Mascolo, V. Palmisano, G. Ribezzo, “Reducing the Network Bandwidth Requirements for 360° Immersive Video Streaming”, *Internet Technology Letters*, Wiley, e118, doi: 10.1002/itl2.118, June, 2019
- [ADHOC 2019] L. De Cicco, V. Palmisano, S. Mascolo, “QoE-driven Resource Allocation for Massive Video Distribution”, *Ad Hoc Networks*, Elsevier, June, 2019
- [ETT 2018] J. Rubio-Hernan, Luca De Cicco, and J. Garcia-Alfaro, “Adaptive Control-Theoretic Detection of Integrity Attacks against Cyber-Physical Industrial Systems”, *Transactions on Emerging Telecommunications Technologies*, Volume29, Issue7, July 2018, e3209, DOI: 10.1002/ett.3209
- [ITL 2018] J. Rubio-Hernan, R. Sahay, L. De Cicco, J. Garcia-Alfaro, “Cyber-physical architecture assisted by programmable networking”, *Internet Technology Letters*, 1 (4), e44, 25 March 2018

Conferenze internazionali con pubblicazione degli atti

- [IFACWC-20] Luca De Cicco, Gioacchino Manfredi, Vittorio Palmisano, Saverio Mascolo, “A Multi-Commodity Flow Problem for Fair Resource Allocation in Multi-Path Video Delivery Networks”, Proc. of IFAC World Congress 2020, Berlin, Germany, July 2020
- [FATMM-19] Luca De Cicco, Gioacchino Manfredi, Saverio Mascolo, and Vittorio Palmisano, “QoE-fair Resource Allocation for DASH Video Delivery Systems”, Proc. of 1st International Workshop on Fairness, Accountability, and Transparency in MultiMedia (FAT/MM '19), Nice, October 25, 2019

³<https://github.com/c3lab/tapas360>

- [MMSYS-19] L. De Cicco, G. Cilli, S. Mascolo, “ERUDITE: a Deep Neural Network for Optimal Tuning of Adaptive Video Streaming Controllers”, Proc. of 10th ACM Multimedia Systems Conference (ACM MMSys '19), Amherst, MA, USA, June 18-21, 2019
- [BALK-18] G. Ribezzo, L. De Cicco, V. Palmisano, S. Mascolo, “Reducing Network Bandwidth Requirements for Immersive Video Streaming”, Proc. of Balkancom 2018, Podgorica, Montenegro, June 2018

1.1.2 Progetti di ricerca

Luca De Cicco ha svolto attività di ricerca con ruoli differenti nei progetti di ricerca elencati in seguito.

- Dal 02/2016 al 02/2019 è stato responsabile scientifico del progetto intitolato "Modellazione e progettazione di algoritmi di controllo per la distribuzione video su Internet (MARCONI)" (Modelling and Design of Control Algorithms for Video Distribution over the Internet), finanziato dalla Regione Puglia attraverso il bando "Future in Research" 2016-2018.
- Dal 03/2019 partecipa al progetto “*FURTHER - Future Rivoluzionarie Tecnologie per Velivoli più elettrici*”, Progetto PON R&I 2014-2020, finanziato dal Ministero dell'Università e della Ricerca, nel WP 3.5 «Embedded Control».
- Dal 2018 partecipa in qualità di leader dell'OR2 intitolato «Studio di algoritmi di controllo per la distribuzione di contenuti video in modalità immersiva» nel progetto “*a Cloud-based platform for Immersive adaptive video Streaming (CLIPS)*”, Programma Operativo “Imprese e competitività 2014-2020, finanziato dal Ministero dello Sviluppo Economico.

1.1.3 Attività connesse alla ricerca

- Dal 2017 è Associate Editor della rivista *Internet Technology Letters* (Wiley).
- E' stato nominato Technical Program Committee Co-Chair (track ODS) e membro dell'Organizing Committee della conferenza ACM Multimedia Systems 2021, Istanbul, Turkey, June, 2021.
- E' stato Technical Program Committee Chair (track ODS) e membro dell'Organizing Committee della conferenza ACM Multimedia Systems 2020, (Virtual Event), June, 2020.
- E' stato membro del Technical Program Committee delle seguenti conferenze internazionali:

- International Conference on Availability, Reliability and Security (ARES 2020);
 - International Conference on Availability, Reliability and Security (ARES 2019);
 - Balkancom (2019);
 - MobiApps (2019).
- Ha svolto attività di referaggio per numerose riviste e conferenze internazionali tra le quali si citano: Automatica (Elsevier), International Journal of Control, IEEE Transactions on Networking, Computer Networks (Elsevier), IFAC World Congress 2020, IEEE System Man and Cybernetics 2020.
 - E' stato chair di due sessioni della conferenza internazionale ACM Multimedia Systems 2020, (Virtual Event), June, 2020.
 - E' stato chair di una sessione della conferenza internazionale ACM Multimedia Systems 2019, Amherst, USA, June, 2019.
 - Ha partecipato in qualità di relatore alle seguenti conferenze internazionali:
 - International Workshop on Fairness, Accountability, and Transparency in MultiMedia (FAT/MM '19), Nice, ottobre, 2019;
 - 10th ACM Multimedia Systems Conference (ACM MMSys), Amherst, USA, giugno 2019;
 - 9th ACM Multimedia Systems Conference (ACM MMSys), Amsterdam, Netherlands, giugno 2018.

1.2 Attività didattiche

Luca De Cicco ha svolto una intensa e continua attività didattica presso le sedi di Bari e di Taranto del Politecnico di Bari nei corsi di laurea in Ingegneria Informatica e dell'Automazione (triennale), Automation Engineering (magistrale), Ingegneria dei Sistemi Medicali (triennale), Ingegneria dei Sistemi Aerospaziali (triennale). Tutta l'attività di docenza è stata condotta nell'ambito degli insegnamenti del S.S.D. ING-INF/04.

1.2.1 Docenza in Corsi di Laurea Triennali e Magistrali

Nel periodo di riferimento l'Ing. Luca De Cicco è stato docente dei corsi riportati in Tabella [1](#).

A.A.	Insegnamento	Corso di Laurea	Sem.	CFU
2017-2018	Fondamenti di Automatica (Mod. 2)	Triennale in Ingegneria dei Sistemi Aerospaziali	II	6
2018-2019	Fondamenti di Automatica (Mod. 1)	Triennale in Ingegneria Informatica e dell'Automazione (corso A-L)	I	6
	Fondamenti di Automatica (Mod. 1)	Triennale in Ingegneria dei Sistemi Medicali	I	6
	Embedded Control	Magistrale in Automation Engineering	II	6
2019-2020	Fondamenti di Automatica (Mod. 1)	Triennale in Ingegneria Informatica e dell'Automazione (corso A-L)	I	6
	Fondamenti di Automatica (Mod. 1)	Triennale in Ingegneria dei Sistemi Medicali	I	6
	Embedded Control	Magistrale in Automation Engineering	II	6
	Mobile Robotics	Magistrale in Automation Engineering	II	6

Tabella 1: Insegnamenti per i quali l'Ing. De Cicco è stato docente nel periodo di riferimento

E' importante sottolineare che i due insegnamenti riportati in grassetto nella Tabella 1, «Embedded Control» e «Mobile Robotics», sono stati progettati dall'Ing. De Cicco il quale ha curato la realizzazione del materiale didattico fornito agli studenti e delle lezioni di laboratorio per circa 1.5 CFU per ciascun insegnamento. Entrambi gli insegnamenti sono stati erogati per la prima volta dal Politecnico di Bari nell'A.A. 2018-2019 e nell'A.A. 2019-2020 rispettivamente. Ad oggi L'Ing. Luca De Cicco è quindi l'unico docente al quale sono stati affidati i due corsi di «Embedded Control» e «Mobile Robotics» presso il Politecnico di Bari. E' anche importante rilevare che il carico didattico dell'Ing. De Cicco è salito da 6 CFU nel secondo semestre del 2017-2018, a 12 CFU nel successivo A.A., fino ad arrivare a 18 CFU nell'A.A. in corso. Infine, si noti che l'insegnamento di Fondamenti di Automatica

(Mod. 1) erogato in accorpamento ai corsi di Ing. Informatica e Automazione (A-L) e Ing. dei Sistemi Medicali presenta un numero medio di iscritti molto elevato (più di 200 verbalizzazioni all'anno).

1.2.2 Attività di relatore

Nel periodo di riferimento l'Ing. De Cicco è stato o è attualmente relatore/co-relatore di 15 tesi di laurea. La Tabella 2 mostra la suddivisione per corso di laurea di tali tesi di laurea.

Corso di Laurea	N. tesi
Triennale in Ingegneria Informatica e dell'Automazione	10
Triennale in Ingegneria dei Sistemi Aerospaziali	1
Magistrale in Automation Engineering	1
Magistrale in Ingegneria Informatica	3

Tabella 2: Tesi di laurea per le quali l'Ing. De Cicco è stato relatore/co-relatore

1.3 Attività istituzionali

Con riferimento all'attuale posizione da ricercatore a tempo determinato di tipo B, l'Ing. De Cicco ha svolto le attività istituzionali riportate in seguito.

- Da Luglio 2020 è membro del Collegio del *Dottorato di Ricerca Ingegneria Elettrica e dell'Informazione* (XXXVI Ciclo).
- Dal novembre 2018 è stato nominato membro della «Commissione di Riesame» per il Consiglio del Corso di Studi della Laurea Magistrale in Ingegneria dell'Automazione.
- Dal 2018 è membro della «Commissione Terza Missione» del Dipartimento di Ingegneria Elettrica e dell'Informazione.
- Oltre agli insegnamenti per i quali è docente, l'Ing. De Cicco è membro delle commissioni dei seguenti insegnamenti del Politecnico di Bari:
 - «Model Predictive Control» Presidente della Commissione Prof. Saverio Mascolo, Corso di Laurea Magistrale in Automation Engineering;
 - «Control Methods for Computer Networks» Presidente della Commissione Prof. Saverio Mascolo, Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Informatica;
 - «Controlli Automatici» Presidente della Commissione Prof. David Naso, Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Meccanica.

2 Generalità

Nome e cognome	Luca De Cicco
Luogo e Data di nascita	Bari, 24/06/1979
Stato civile	[REDACTED]
Residenza	[REDACTED]
e-mail	luca.decicco@poliba.it
ORCID	0000-0002-8900-175X
Scopus ID	23396432100
Google Scholar ID	NUX-DnQAAAAJ
Homepage	https://c3lab.poliba.it/LDC

2.1 Posizione professionale ricoperta attualmente

Luca De Cicco è attualmente ricercatore a tempo determinato (art. 24, comma 3, lettera b, L. 240/2010) in servizio presso il Dipartimento di Ingegneria Elettrica e dell'Informazione del Politecnico di Bari ed afferisce al S.S.D. ING-INF/04 «Automatica».

2.2 Abilitazione Scientifica Nazionale

Il 7/4/2017 ha conseguito l'Abilitazione Scientifica Nazionale alle funzioni di professore di seconda fascia nel settore concorsuale 09/G1 con unanime parere favorevole della commissione.

2.3 Abilitazione a Maitre de Conferences

Nell'ottobre del 2012 ha conseguito l'abilitazione per la partecipazione alle procedure di selezione da "Maître de Conférences" in Francia nella Sezione 61 «Ingegneria Informatica, automatica e trattamento del segnale», n. qualifica: 12261231028.

2.4 Posizioni da ricercatore universitario strutturato ricoperte

Dal 2/2/2016 al 4/2/2018 è stato Ricercatore a tempo determinato (art. 24, comma 3, lettera a, L. 240/2010) in servizio presso il Dipartimento di Ingegneria Elettrica e dell'Informazione del Politecnico di Bari nel S.S.D. ING-INF/04. Tale posizione è stata finanziata sui fondi del bando «Future In Research» finanziato dalla Regione Puglia per la quale l'Ing. De Cicco ha curato la stesura della proposta progettuale selezionata per il finanziamento.

3 Formazione

3.1 Formazione Universitaria

L'Ing. Luca De Cicco ha conseguito la Laurea Quinquennale in Ingegneria Informatica presso il Politecnico di Bari nel dicembre 2003 ottenendo 110 su 110 e concessione della lode discutendo la tesi intitolata «Algoritmi di controllo di congestione per applicazioni multimediali» con relatori Prof. S. Mascolo, Prof. P. Camarda, Prof. L.A. Grieco.

3.2 Dottorato di Ricerca

Dopo aver assolto gli obblighi della leva militare ha frequentato il corso di Dottorato di Ricerca in Ingegneria dell'Informazione (XX ciclo) presso il Politecnico di Bari dal marzo 2005 al marzo 2008 conseguendo il titolo di Dottore di Ricerca in Ingegneria dell'Informazione discutendo la tesi di dottorato intitolata «Modeling, design, and implementation issues in Multimedia Congestion Control Algorithms» (Tutor: Prof. Saverio Mascolo).

3.3 Formazione e Ricerca all'estero

Durante il terzo anno di dottorato, l'Ing. De Cicco ha svolto due periodi di formazione all'estero. Il primo periodo è stato svolto da agosto a ottobre 2007 presso la «University of New Mexico» (Albuquerque, USA) sotto la supervisione del Prof. Chaouki Abdallah. In tale occasione l'Ing. De Cicco ha partecipato all'importante progetto «Future Internet Design» (FIND) finanziato dalla NSF per il quale ha realizzato in forma prototipale una architettura di controllo per reti di telecomunicazione di prossima generazione. Il secondo periodo di formazione è stato svolto a Gif-sur-Yvette (area metropolitana di Parigi, Francia) da ottobre 2007 a marzo 2008 presso l'École supérieure d'électricité (Supélec oggi Centrale Supélec) nel gruppo di ricerca diretto dal Prof. Silivu Niculescu.

Ha inoltre svolto due periodi di *visiting scholar* in Francia nel 2013 e nel 2014 per un totale di 12 mesi. Il primo periodo è stato svolto presso il Supélec (Gif-sur-Yvette) collaborando con il Prof. Silivu Niculescu, il secondo a Parigi presso il «Laboratory of Information, Networking and Communication Sciences» (LINCS) in collaborazione con l'équipe del Prof. Dario Rossi. Le tematiche di ricerca affrontate in queste collaborazioni sono descritte nella Sezione [4.3](#).

3.4 Borse di studio post dottorato

L'Ing. De Cicco ha vinto e fruito di una borsa di studio post dottorale biennale presso il Dipartimento di Ingegneria Elettrotecnica ed Elettronica del Politecnico di Bari (16/10/2008-15/10/2010) nell'ambito del Progetto Strategico «Infrastrutture di Telecomunicazione e Reti

Wireless di Sensori nella Gestione di Situazioni di Emergenza» (PS 121), finanziato dalla Regione Puglia.

3.5 Assegni di ricerca

E' stato titolare dei seguenti assegni di ricerca post-dottorali:

- 2/2015 - 2/2016: Assegno di ricerca con posizione di Ricercatore Senior presso l'università francese Télécom SudParis (Evry, Francia) svolto nell'equipe RST del Prof. Herve Debar. Tematica della ricerca «Rilevamento di attacchi di integrità in sistemi di controllo cyber-physical».
- 2/2014 - 2/2015: Assegno di ricerca presso il Politecnico di Bari sulle tematiche di ricerca del progetto «Platform for Innovative Service for the Future Internet (PLATINO)» PON R&C, S.S.D ING-INF/04, sotto la supervisione del Prof. Saverio Mascolo.
- 12/2011 - 12/2013: Assegno di ricerca presso il Politecnico di Bari sulla tematica «distribuzione di contenuti multimediali su Internet mediante infrastrutture di cloud computing», S.S.D ING-INF/04, sotto la supervisione del Prof. Saverio Mascolo.

3.6 Corsi di dottorato

Ha seguito i corsi di dottorato elencati in seguito.

- 1st HYCON PhD School on Hybrid Systems, 19-22 luglio 2005, Siena Italia.
- Tutorial on Peer-to-Peer Networking, by Raouf Boutaba, Networking 2006, 15-19 maggio 2006, Coimbra, Portogallo.
- PhD Workshop on Performance Control in Wireless Sensor Networks, Networking 2006, 15-19 maggio 2006, Coimbra, Portogallo.
- PhD School X CIRA Scuola di dottorato sui Sistemi Positivi (PhD school on Positive Systems), 10-16 luglio 2006, Bertinoro, Italia.

4 Ricerca scientifica

L'attività di ricerca complessivamente svolta dall'Ing. Luca De Cicco ha prodotto 64 lavori scientifici pubblicati in riviste internazionali, conferenze internazionali con peer-review e pubblicazioni degli atti e capitoli di libri. Inoltre, le attività di ricerca hanno portato alla concessione di due brevetti negli Stati Uniti ed un brevetto italiano. L'Ing. De Cicco ha svolto una intensa attività di collaborazione con diversi gruppi di ricerca internazionali anche svolgendo periodi di visita negli Stati Uniti ed in Francia. Ha inoltre collaborato con i ricercatori di Google Inc. Tali attività sono descritte con maggior dettaglio nella Sezione [4.3](#).

4.1 Indicatori bibliometrici

Nella seguente tabella sono riassunti i principali indicatori bibliometrici della produzione scientifica dell'Ing. De Cicco ottenuti consultando Google Scholar e Scopus.

	Citazioni	H-Index
Google Scholar ⁴	1783	21
Scopus ⁵	1038	17

Tabella 3: Indicatori bibliometrici

4.2 Tematiche di Ricerca

L'attività di ricerca svolta dall'Ing. Luca De Cicco si è concentrata principalmente sulla modellazione ed il controllo dei sistemi a rete. La ricerca ha riguardato diverse applicazioni Internet rilevanti quali i sistemi di comunicazione audio-video in tempo reale, i sistemi di streaming video, lo streaming di contenuti video a 360°, il controllo di sovraccarico dei server, lo studio della stabilità robusta di sistemi di controllo con ritardo puro. La ricerca sviluppata dall'Ing. De Cicco ha una forte connotazione sperimentale come testimoniato dalle collaborazioni di ricerca con Google Inc e dai brevetti concessi. La stragrande maggioranza dei contributi di ricerca pubblicati è stata validata mediante sperimentazione su sistemi reali per i quali l'Ing. De Cicco ha anche sviluppato strumenti rilasciati pubblicamente alla comunità accademica con licenze aperte^{6,7}.

⁴<https://scholar.google.com/citations?user=NUX-DnQAAAAJ&hl=it>

⁵<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=23396432100>

⁶<https://github.com/c3lab/tapas360>

⁷<https://github.com/ldecicco/tapas>

Nella restante parte di questa sezione sono presentate sinteticamente alcune delle linee di ricerca trattate dall'Ing. De Cicco descrivendone il contesto scientifico ed i principali risultati ottenuti.

4.2.1 Controllo di congestione per applicazioni di comunicazione in tempo reale su Internet

Contesto Scientifico

Le applicazioni per la comunicazione in tempo reale hanno sempre rivestito un importante ruolo nel panorama delle tecnologie Internet ma recentemente, anche a causa dell'emergenza sanitaria dovuta alla pandemia Covid-19, hanno assunto una importanza cruciale per tutti i settori della società a partire dall'istruzione a distanza fino ad arrivare alle applicazioni di comunicazione usate in ambito aziendale ed alla telemedicina.

Tutte le applicazioni che impiegano Internet necessitano di un algoritmo di controllo di congestione per il trasporto dei dati da esse generati. Tale algoritmo di controllo ha in generale l'obiettivo di calcolare dinamicamente il tasso di invio dei pacchetti su Internet al fine di massimizzare un certo funzionale che quantifica la qualità percepita dall'utente evitando al contempo di generare congestione sul percorso che collega i due *end-systems* (mittente e destinatario) mediante una connessione Internet. Il primo algoritmo di controllo di congestione fu proposto nel 1988 ed implementato nel protocollo TCP da Van Jacobson per far fronte ai ripetuti collassi dovuti a congestione avvenuti lungo sul percorso di rete che collegava le università di Berkeley e Stanford. La soluzione proposta da Van Jacobson prevede che l'algoritmo di controllo di congestione segua il paradigma *end-to-end*, ovvero assume che la capacità della rete e la sua topologia siano sconosciute agli *end-systems*. Per tale ragione tutti gli algoritmi di controllo di congestione proposti in letteratura impiegano strategie di controllo che prevedono delle fasi di *probing* nelle quali il tasso di invio dei pacchetti viene gradualmente incrementato finché non si rileva uno stato di congestione sulla rete al quale si sussegue una fase di decremento, tipicamente moltiplicativo, del tasso di invio dei pacchetti. Nel caso degli algoritmi di controllo di congestione per l'invio di dati non sensibili ai ritardi (ad esempio il trasferimento di file) tipicamente si impiega come metrica per valutare la qualità dell'esperienza utente il cosiddetto «flow completion time», ovvero il tempo di completamento dell'operazione di trasferimento dei dati. A questa metrica sintetica vengono anche associate altre metriche secondarie quali il throughput (quantità di dati inviati per unità di tempo), il tasso di perdita dei pacchetti a causa di congestione, la latenza di trasmissione dei pacchetti.

Pur condividendone le stesse finalità – ovvero evitare di generare congestione sulla rete – la progettazione degli algoritmi di controllo di congestione adatti per le applicazioni di comunicazione in tempo reale (es. applicazioni di Voice over IP (VoIP) o video conferenza) differisce in maniera fondamentale dagli algoritmi progettati per il trasporto di contenuti non sensibili ai ritardi. Infatti, in tali applicazioni la qualità percepita dall'utente dipende fortemente dalla interattività del servizio misurata in termine di latenza di trasmissione dei pacchetti oltre che dal tasso di invio dei pacchetti che deve essere il più alto possibile per

garantire maggiore qualità audio/video. Da tale osservazione è possibile comprendere che gli obiettivi del controllo per le applicazioni di comunicazione in tempo reale differiscono fondamentalmente da quelli adatti agli algoritmi di controllo di congestione per il trasporto di dati non sensibili ai ritardi. In questo contesto tecnologico si pone il contributo dell'Ing. De Cicco presentato sinteticamente in seguito.

Risultati conseguiti

La ricerca ha prodotto risultati nei campi dell'analisi, modellistica e progettazione di diversi sistemi di controllo di congestione. Inoltre, sono stati realizzati diversi prototipi e uno degli algoritmi di controllo sviluppati è stato incluso in Google Chrome, il browser Internet più usato al mondo attualmente.

Il primo risultato di rilievo ha riguardato la modellazione dell'algoritmo di controllo di congestione di Skype. Skype è stato il primo applicativo di *Voice over IP* (VoIP) ad ottenere un successo planetario e ad oggi rimane uno dei sistemi di audio e video conferenza più diffusi ed usati. Tramite un'approfondita e complessa sperimentazione in scenari di rete emulati è stato sviluppato un modello ibrido del tasso d'invio dei pacchetti generato dall'applicativo Skype Audio. In particolare, sono stati individuati tre stati di funzionamento ed il rate di un flusso audio generato da Skype è stato modellato come un sistema dinamico non-lineare con dinamiche di switching. Si è studiato e proposto un modello complessivo ad equazioni di stato non-lineari con dinamiche di switching che permette di descrivere il comportamento del rate generato dall'applicativo e l'evoluzione temporale della coda del collo di bottiglia. I risultati della ricerca sono documentati in atti di conferenze ([WWIC07], [NOSSDAV08], [CDC08]) e nella riviste *IEEE Transactions on Automatic Control* [TAC 2010] e *Computer Networks*, Elsevier [COMNET 2011].

Nel 2011 nasce il gruppo congiunto formato dalla *Internet Engineering Task Force* (IETF) e dal *World Wide Web Consortium* (W3C) denominato «Web Real-time Communication» volto alla standardizzazione di protocolli, algoritmi e interfacce per costruire applicazioni di comunicazione audio/video in tempo reale sul web. L'Ing. De Cicco focalizza le attività di ricerca su tale standard e nello specifico sullo studio e la progettazione di algoritmi di controllo di congestione per WebRTC. Nei primi studi sull'argomento, pubblicati nel 2013, l'Ing. De Cicco ha dimostrato che l'algoritmo di controllo proposto inizialmente da Google ed implementato nel browser web Google Chrome era affetto da una importante limitazione di prestazioni riscontrata quando più flussi video condividevano un canale trasmissivo (tali risultati sono stati pubblicati nei proceedings delle conferenze [FHMN13] e [PV13]). Una esaustiva analisi sperimentale delle prestazioni, unita allo studio dell'algoritmo ha premesso di identificare la causa del problema nel meccanismo a soglia statica per la rilevazione degli episodi di congestione. In seguito è stata progettata e sviluppata in Google Chrome una legge di controllo per calcolare dinamicamente il valore della soglia da usare nel rilevatore di congestione. Nell'articolo apparso negli atti della conferenza *IEEE CDC 2014* [CDC-14] e sulla base di campagne di test su Internet svolti in collaborazione con Google con utenti

reali è stato dimostrato che la soluzione proposta è in grado di superare i problemi riscontrati in [PV13],[FHMN13]. A seguito di tali attività di sperimentazione l'algoritmo è stato implementato ed incluso nella versione ufficiale del web browser Google Chrome che oggi è utilizzato dal 80% degli utenti Internet⁸ ed impiegato per le sessioni di videoconferenza mediante lo standard WebRTC. L'algoritmo è descritto nel documento di standardizzazione (IETF Draft) [GCC-16] e nell'articolo apparso nella rivista *IEEE Transactions on Networking* [TNET 2017] a firma congiunta con il ricercatore S. Holmer di Google Inc. Altri articoli che analizzano le prestazioni dell'algoritmo proposto sono [COMSTD 2017], [CCR 2016a], [ANRP-16], [MED-16], [MMSYS-16b]. Le attività di ricerca descritte sono state svolte nell'ambito del *Google Faculty Research Award*⁹ (2014). L'Ing. De Cicco è stato invitato a tenere un seminario presso il LINCNS a Parigi che ha riguardato le attività di ricerca sul controllo di congestione per la comunicazione in tempo reale (vedi Sezione 4.6.3).

Una ulteriore problematica di ricerca affrontata è quella dell'attuazione del *rate* calcolato da un generico algoritmo di controllo di congestione. L'Ing. De Cicco ha dimostrato sperimentalmente per la prima volta che l'attuazione del *rate* di invio è un processo affetto da un disturbo dovuto ai processi software in esecuzione sul dispositivo. L'effetto di tale disturbo è una diminuzione del *rate* di invio dei pacchetti. In questa attività di ricerca è stato proposto un controllore per reiettare efficientemente il disturbo ed attuare accuratamente il *rate* di invio calcolato dal controllore. I risultati della ricerca sono descritti in [ICNP09] e in un brevetto italiano ed un brevetto statunitense di cui l'Ing. De Cicco è inventore e assegnatario.

Un ulteriore contributo di ricerca ha riguardato lo studio della stabilità robusta del modello di un generico sistema di controllo di congestione basato sul predittore di Smith considerando incerta la stima del ritardo dell'anello che nelle reti di telecomunicazioni è dovuto al tempo di propagazione di andata e ritorno del pacchetto e da una quantità, variabile, che dipende dal ritardo di accodamento nei buffer dei router sul percorso di rete. E' stato dimostrato mediante un approccio geometrico che esiste un semplice trade-off tra l'entità dell'incertezza nella stima del ritardo di anello ed il guadagno del predittore di Smith. I risultati di questa attività di ricerca, svolta in collaborazione con l'università francese Centrale Supélec (vedi Sezione 4.3), sono stati pubblicati nella rivista *Automatica* di Elsevier [Automatica 11] e negli atti di conferenze internazionali ([TDS09],[ECC-14]).

4.2.2 Sistemi di controllo per il video streaming adattativo

Contesto scientifico

Il traffico su Internet è oggi prodotto in massima parte dalle applicazioni di video streaming come ad esempio Netflix, YouTube, Amazon Prime Video, Hulu. La diffusione di questa tecnologia è stata accelerata dalla scelta tecnologica operata da YouTube di impiegare l'infra-

⁸Fonte: <http://www.w3schools.com/browsers/> dato aggiornato al 1/06/2020.

⁹<http://bari.repubblica.it/cronaca/2014/09/02/news/google-94895337/>

struttura dei server e client HTTP, già adottata per i contenuti web statici (testi, immagini), per la distribuzione di video. Inizialmente i video erano codificati ad una sola qualità e *bitrate*¹⁰. Il problema fondamentale di questo approccio è che se il bitrate di codifica supera la banda di rete disponibile tra server e client si verificano frequenti stalli nella riproduzione dovuti allo svuotamento del buffer di riproduzione del video.

L'ulteriore spinta che ha portato il video streaming ad essere una delle più importanti tecnologie Internet è stata data dall'introduzione della possibilità di adattare la qualità del contenuto video, e dunque il suo bitrate di codifica, alla banda disponibile end-to-end tra il server ed il client che consuma il contenuto. I sistemi di video streaming che possiedono tale proprietà si dicono sistemi di *video streaming adattativi* (adaptive video streaming systems). Oggi esistono standard maturi (MPEG-DASH e HLS) che permettono l'implementazione di tali sistemi e la possibilità di fruire di contenuti video in streaming a qualunque dispositivo (PC, smartphone, tablet, smart TV).

In tale contesto tecnologico la problematica scientifica da affrontare è la progettazione di un algoritmo di controllo che scelga da un insieme di copie, o livelli, dello stesso video codificate a risoluzione e bitrate differenti quella più adeguata al fine di fornire all'utente la migliore qualità possibile. E' ormai ben noto in letteratura che i parametri oggettivi che influenzano maggiormente la qualità percepita dall'utente sono i seguenti, elencati in ordine decrescente di importanza: 1) la durata e la frequenza gli eventi di stallo della riproduzione; 2) il bitrate e la risoluzione media riprodotta; 3) la frequenza e l'ampiezza degli switch tra i livelli prodotti dal controllore. In particolare è necessario che l'algoritmo di controllo eviti stalli di riproduzione massimizzando il bitrate riprodotto e cercando contemporaneamente di evitare frequenti switch di livello.

Risultati conseguiti

L'Ing. De Cicco ha contribuito in maniera rilevante all'avanzamento dello stato dell'arte nel campo della modellazione e del controllo dei sistemi di video streaming adattativo sin dal 2010 prima che gli standard MPEG-DASH e HLS fossero pubblicati.

Il primo contributo, pubblicato nel 2011, è stato quello della formalizzazione del problema della progettazione degli algoritmi di adaptive streaming impiegando le metodologie della scienza dell'automatica. Nel lavoro intitolato «Feedback Control for Adaptive Live Video Streaming» [MMSYS11] è stato proposto per la prima volta un algoritmo di adaptive streaming progettato impiegando un anello di controllo chiuso attraverso la rete Internet in cui il controllore era posto sul server. E' importante notare che la metodologia di progettazione tipicamente usata in letteratura era basata su algoritmi euristici. In [MMSYS11] l'anello di controllo considerava come set-point la quantità di dati da mantenere in coda sul server ed un PID era impiegato per determinare la rappresentazione dal bitrate del video più adeguata considerando la banda end-to-end come un disturbo e modellando il buffer come un integratore. Questo primo articolo ha raccolto ad oggi più di 250 citazioni.

¹⁰Il *bitrate* è definito come la quantità di byte impiegati per rappresentare un dato intervallo temporale di video

In seguito alla pubblicazione dello standard ISO «Dynamic Adaptive Streaming over HTTP» (MPEG-DASH o DASH), ed alla sua conseguente affermazione nell'ecosistema della distribuzione video su Internet, la ricerca portata avanti dall'Ing. De Cicco si è incentrata sulla modellazione e la progettazione di algoritmi di controllo per lo streaming video compatibili a tale standard. A differenza dall'architettura proposta in [MMSYS11], lo standard DASH prevede che il controllore sia implementato direttamente nel player video posto al client. In [PV13-2] l'Ing. De Cicco ha proposto per la prima volta in letteratura un modello fluido di un sistema di controllo per lo streaming adattativo. Il plant è rappresentato dalla coda di riproduzione del player ed è stato dimostrato che la sua dinamica è non lineare e affine. Il lavoro propone dunque di progettare il controllore impiegando la tecnica della linearizzazione tramite feedback. Il sistema di controllo chiamato ELASTIC è stato implementato e le sue prestazioni sono state confrontate sperimentalmente con altri algoritmi allo stato dell'arte. ELASTIC è stato il primo algoritmo di controllo conforme allo standard DASH progettato impiegando le metodologie dell'automatica. L'articolo [PV13-2] ha ricevuto più di 180 citazioni ed è oggetto di un brevetto statunitense concesso. Inoltre, ELASTIC è l'algoritmo di controllo impiegato nella WebTV del Politecnico di Bari¹¹ e nella WebTV del consorzio GARR¹². Con riferimento a tali attività di ricerca l'Ing. De Cicco è stato invitato a tenere un seminario presso il LINCS a Parigi (vedi Sezione 4.6.3). L'Ing. De Cicco ha progettato uno strumento, rilasciato pubblicamente¹³ con licenza open-source, denominato TAPAS [VidNext14-1]. Lo strumento permette di progettare algoritmi di controllo per lo streaming adattativo e di valutarne le prestazioni sperimentalmente senza dover realizzare l'intero sistema di distribuzione video. Lo scopo di TAPAS è quello di permettere ai ricercatori di produrre algoritmi di controllo e di poterli confrontare su una base comune facilitando la riproducibilità dei risultati.

Recentemente, in [MMSYS-19] è stata proposta una metodologia denominata «ERUDITE» per tarare dinamicamente i parametri di un generico algoritmo di controllo per lo streaming video. E' infatti noto che, a causa della variabilità della banda end-to-end su Internet e della eterogeneità dei contenuti video, non è possibile trovare un set di parametri che funzioni in maniera ottimale in un qualunque scenario. ERUDITE è basato su una rete neurale profonda che stima continuamente il set di parametri ottimi del controllore. Per l'addestramento della rete neurale è stato costruito un dataset di ground truth contenente i parametri ottimi del controllore determinati sperimentalmente per migliaia di scenari. I parametri ottimi sono stati trovati massimizzando un funzionale che misura la qualità percepita dall'utente in base a parametri oggettivi. Per la massimizzazione del funzionale è stato impiegato un metodo model-free denominato Safe Optimization (Sui *et al.*, *Proc. ICML*, 2015) che esplora efficientemente lo spazio dei parametri sfruttando una tecnica basata sulla regressione dei processi gaussiani.

¹¹<https://webtv.poliba.it>

¹²<https://garr.tv>

¹³<https://github.com/ldecicco/tapas>

Una ulteriore linea di ricerca ha riguardato la modellazione dei sistemi di controllo per lo streaming adattativo. In [ACC15] e [TCNS 16] (*IEEE Transactions on Control of Network Systems*) è stato proposto un algoritmo di controllo a isteresi che può essere considerato come rappresentante di una ampia classe di algoritmi per lo streaming adattativo. Analizzando tale modello è stata dimostrata una semplice relazione che evidenzia il trade-off tra la distanza relativa del bitrate dei livelli video adiacenti e la frequenza di switching. Tale relazione ha permesso di progettare una metodologia per produrre un set di rappresentazioni ottimo che minimizza sia lo storage richiesto lato server che la frequenza di switching, fattore che influisce negativamente sulla qualità percepita dall'utente.

Inoltre, partendo dal modello fluido presentato in [PV13-2] è stato sviluppato un modello matematico ibrido che, comparato ai modelli fluidi pubblicati in letteratura, permette di predire con elevata accuratezza la dinamica di tali sistemi. Il modello matematico impiega il formalismo matematico proposto da Andrew Teel per la modellazione di sistemi ibridi dinamici. Il modello ibrido proposto [CDC-16] è impiegabile per tutte le classi di controllori impiegate per la selezione del bitrate del video. Sulla base di tale modello matematico l'Ing. De Cicco ha realizzato un toolbox per Matlab che permette di simulare con elevata accuratezza sessioni di video streaming in scenari realistici. Il simulatore può essere utilizzato come strumento di prototipizzazione rapida per sistemi di controllo della selezione del bitrate aderenti allo standard MPEG-DASH. In considerazione del fatto che tale strumento permette di simulare realisticamente una sessione video in un tempo ridotto di due ordini di grandezza rispetto alla durata della sessione, esso può essere impiegato, ad esempio, per algoritmi basati sulle Deep Neural Networks¹⁴ che necessitano di dataset dalle grandi dimensioni per la fase di addestramento, o da algoritmi di Reinforcement Learning.

Infine, ancora con riferimento alle attività di modelling, l'Ing. De Cicco ha identificato tramite una complessa attività di sperimentazione su Internet il modello matematico del sistema di controllo impiegato per lo streaming video da Akamai, il leader mondiale nel settore delle Content Delivery Networks. Il modello matematico è stato descritto mediante un automa ibrido formato da 8 stati ed è stato validato sperimentalmente. Le pubblicazioni principali sono apparse su *IEEE Transactions on Networking* [TNET 2014] e su *Nonlinear Analysis: Hybrid Systems*, Elsevier [NAHS 2015] articolo invitato su una special issue riservata ai migliori articoli delle sessioni «Hybrid Systems» della conferenza *IFAC World Congress 2014* [IFAC-WC14]. Questa attività di ricerca ha collezionato più di 200 citazioni.

4.2.3 Allocazione equa delle risorse delle reti di distribuzione per il video streaming

Contesto scientifico

La distribuzione massiva di contenuti video su Internet verso una audience di milioni di utenti contemporanei richiede la progettazione di una piattaforma che gestisca in maniera efficiente le risorse di rete e di computazione. L'obiettivo principale di una piattaforma di distribuzione video (es. Netflix, YouTube) è quella di fornire all'utente la migliore qualità

¹⁴Il tool è infatti stato impiegato nel lavoro [MMSYS-19] per la determinazione della ground truth.

possibile indipendentemente dal dispositivo dal quale l'utente accede al servizio. E' ormai noto che non è possibile gestire tali piattaforme impiegando meccanismi di allocazione delle risorse statici. Infatti tale pratica, tipicamente usata in fase di progettazione delle infrastrutture della *core network*, non è adatta per dimensionare le risorse di una piattaforma di distribuzione video. Dimensionare sul picco stimato è una pratica che porta da un lato allo spreco di risorse con i conseguenti costi annessi nel caso di sottostima del picco, oppure al deterioramento della qualità del servizio a causa di scarsità delle risorse nel caso in cui l'ampiezza del picco sia stata sottostimata. A tale scopo, oggi si impiegano metodi di scalabilità orizzontali *elastici* che prevedono che le risorse di rete e di computazione necessarie a erogare il servizio vengano modulate dinamicamente per far fronte alle richieste degli utenti che sono tempo-varianti e spesso imprevedibili (e.g. a causa di eventi video ad alta «viralità»). Tali risorse sono messe a disposizione dai cosiddetti «cloud provider» (es. Amazon Cloud, Google Cloud) e permettono di variare dinamicamente sia le risorse di rete che quelle di computazione. Un ulteriore progresso tecnologico che rende possibile il controllo granulare delle reti di telecomunicazioni è quello introdotto dalle Software Defined Networks (SDN). Le reti SDN permettono di controllare in maniera diretta flussi o aggregati di flussi assegnandone i percorsi e la banda.

Risultati conseguiti

Il primo lavoro su questo tema di ricerca ha riguardato l'allocazione delle risorse di una Cloud per scalare dinamicamente la capacità di banda della rete di distribuzione video. L'architettura di controllo proposta considerava un pool di server situati messi a disposizione da un cloud provider, ognuno in grado di fornire una certa banda in uscita. In [ICC13] è stato proposto un sistema di controllo per scalare dinamicamente il numero di server per far fronte al carico totale sulla rete di distribuzione. Tale sistema di controllo considera il ritardo di accensione dei nodi della cloud (tipicamente nell'ordine delle decine di secondi) e progetta un controllore basato sullo Smith Predictor. Le prestazioni del sistema sono state analizzate mediante l'utilizzo del software di simulazione ad eventi discreti OMNet++ considerando scenari realistici.

A partire da tale risultato, l'Ing. De Cicco ha focalizzato l'attenzione sullo studio e la progettazione di piani di controllo impiegabili da reti di distribuzione di nuova generazione che adottano il paradigma emergente delle Software Defined Networks (SDN). Nello specifico, in [MMSYS-16a] si considera il problema dell'assegnazione della banda di un link al fine di garantire una equa qualità percepita da utenti che riproducono il video da dispositivi eterogenei. E' infatti noto che a parità di banda assegnata, utenti che visualizzano lo stesso video su due dispositivi aventi schermi a risoluzioni diverse percepiscono una qualità differente. Il piano di controllo proposto è costituito da un controllore che suddivide la banda del link tra i diversi utenti risolvendo un problema di ottimizzazione di *max-min fairness*. Per la prima volta in letteratura sono state studiate sperimentalmente e sistematicamente le interazioni tra gli algoritmi lato client, considerati anelli di controllo che agiscono ad una scala temporale ridotta (ordine dei secondi), e gli schemi di allocazione delle risorse della

rete che invece agiscono a scale temporali più grandi (ordine delle decine di secondi). Sono state comparate le prestazioni ottenibili utilizzando diverse strategie di allocazione di banda implementando il sistema complessivo in una rete SDN reale. Una approfondita analisi sperimentale ha permesso di dimostrare che esiste un trade-off fondamentale tra qualità percepita mediamente dagli utenti (concetto di utilità) e equità nella distribuzione delle risorse (concetto di equità). Questa attività di ricerca è stata premiata con un *best paper award* nella prestigiosa conferenza internazionale *ACM Multimedia Systems* nel 2016. Il lavoro è anche apparso in versione estesa nello special issue riservato ai best papers della conferenza *ACM MMSys 2016* nella rivista *ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications, and Applications (TOMM)* [TOMM 2017] ottenendo complessivamente circa 90 citazioni dal 2016.

I risultati ottenuti in [MMSYS-16a],[TOMM 2017] sono relativi all’allocazione della banda su un unico link. Recentemente, in [FATMM-19],[IFACWC-20] l’Ing. De Cicco ha affrontato il problema della allocazione equa delle risorse di una generica rete SDN modellata come un grafo in cui i nodi rappresentano gli switch SDN e gli archi rappresentano i link che li collegano. Nonostante il problema generale dell’equalizzazione della qualità percepita non possa scalare con l’enorme numero di utenti simultanei che impiegano il servizio di distribuzione, in [FATMM-19],[IFACWC-20] mostriamo che un approccio per rendere computazionalmente trattabile questo problema è quello di impiegare il framework di ottimizzazione che prende il nome di *Multi-Commodity Flow Problem (MCFP)*. La soluzione proposta è basata su una tecnica che suddivide le risorse di rete e assegna richieste video simili allo stesso percorso di rete in base a una metrica di similarità dipendente dal contenuto del video. Le prestazioni della strategia di allocazione delle risorse proposta sono state valutate tramite un simulatore opportunamente progettato in scenari che considerano migliaia di utenti simultanei su reti reali variando sia il carico totale sulla rete sia i parametri di sistema.

4.3 Collaborazioni scientifiche con gruppi di ricerca internazionali

In questa sezione si descrivono le collaborazioni scientifiche dell’Ing. De Cicco con gruppi di ricerca internazionali evidenziando le pubblicazioni a firma congiunta con i ricercatori di tali gruppi.

University of New Mexico (USA) L’Ing. De Cicco ha collaborato con il gruppo di ricerca diretto dal Prof. Chaouki Abdallah della University of New Mexico (Albuquerque, NM, USA) dal 2008 al 2011. Durante il terzo anno di dottorato ha svolto un periodo di formazione presso la UNM dal 07/2008 al 10/2008. La collaborazione ha portato a due pubblicazioni a firma congiunta [Tridentcom08], [MSC11].

Centrale Supeléc (Francia) La collaborazione scientifica attiva dal 2008 al 2014 ha trattato lo studio della stabilità robusta di sistemi lineari con due ritardi puri indipendenti ed è stata svolta con il gruppo di ricerca diretto dal Prof. Silviu-Iulian Niculescu afferente alla Ecole

Centrale Supérieure d'Electricité (Centrale Supélec) (Gif-sur-yvette, Francia). Nell'ambito di questa collaborazione di ricerca, l'Ing. De Cicco ha svolto un periodo di formazione durante il terzo anno del dottorato (10/2008-3/2008). Inoltre nel periodo 9/2012-3/2013 è stato visiting scholar presso la stessa università. La collaborazione ha portato alle seguenti pubblicazioni a firma congiunta [Automatica 11], [ECC-14], [TDS09].

Telecom ParisTech (Francia) La collaborazione scientifica con il gruppo di ricerca diretto dal Prof. Dario Rossi¹⁵ afferente all'Ecole TELECOM Paris (Parigi, Francia) è stata attiva nel periodo 2013-2017 ed è stata incentrata principalmente sullo studio delle proprietà degli algoritmi di controllo di congestione lower-than-best-effort e sulla modellazione della Web Quality of Experience. La collaborazione ha portato alle seguenti pubblicazioni scientifiche a firma congiunta [CCR 2016b], [TOMPECS 2016], [PAM-17], [QoE-16]. L'Ing. De Cicco è stato visiting scholar presso Telecom ParisTech nel periodo 9/2013-3/2014.

Università di Wurzburg (Germania) La collaborazione scientifica con il gruppo di ricerca diretto dal Prof. Tran-Gia afferente alla Università di Wurzburg (Wurzburg, Germania) è stata attiva nel periodo 2015-2017. La principale tematica di ricerca è stata la progettazione di una architettura di controllo mediante il paradigma delle Software Defined Network per garantire una allocazione equa delle risorse di rete in termini di qualità percepita dagli utenti. La collaborazione ha portato alle seguenti pubblicazioni a firma congiunta [TOMM 2017], [MMSYS-16a].

Télécom SudParis (France) La collaborazione scientifica con il gruppo di ricerca diretto dal Prof. Herve Debar afferente al dipartimento RST dell'Ecole Télécom SudParis (Evry, Francia) è stata svolta nell'ambito del progetto NECOMA (FP7 Grant Agreement No. 608533) ed è stata attiva nel periodo 2015-2018. La tematica di ricerca affrontata è quella dello studio di robustezza del rilevamento di attacchi di integrità in sistemi di controllo cyber-physical mediante l'utilizzo di rilevatori χ^2 . Parte dell'attività di collaborazione è stata svolta nell'ambito della posizione di Ricercatore Senior che l'Ing. De Cicco ha ricoperto presso la stessa università nel periodo 1/2/2015-31/1/2016. La collaborazione ha portato alle seguenti pubblicazioni a firma congiunta [ITL 2018],[ETT 2018], [IS 2017], [ARES-16], [NSEC-16].

Google Inc. Dal 2013 al 2016 l'Ing. De Cicco ha collaborato con Google Inc. (ricercatori coinvolti: Harald Alvestrand, Stefan Holmer) con l'obiettivo di standardizzare un algoritmo di controllo di congestione per il trasporto di traffico real-time quale quello prodotto da applicazioni di video-conferenza. Il risultato più importante di questa attività di ricerca è lo sviluppo e l'adozione dell'algoritmo di controllo nella versione ufficiale del web browser Google Chrome. Le attività di ricerca sono documentate in pubblicazioni in riviste internazionali e conferenze internazionali ([TNET 2017], [COMSTD 2017], [CCR

¹⁵<http://perso.telecom-paristech.fr/~drossi/>

2016a], [ANRP-16], [MED-16], [MMSYS-16b], [CDC-14], [PV13], [FHNM13]) alcune delle quali a firma congiunta con personale di Google Inc.

4.4 Progetti di ricerca

Ha partecipato complessivamente alle attività di ricerca di 14 progetti. Ha ricoperto rilevanti ruoli di responsabilità per 5 progetti (responsabile scientifico, leader di WP, responsabile deliverables, componente comitato tecnico scientifico).

1. 2018-2021 - “*FURTHER - Future Rivoluzionarie Tecnologie per Velivoli più elettrici*”, Progetto PON R&I 2014-2020, Finanziato dal Ministero dell’Università e della Ricerca, Ruolo: partecipante.
2. 2017-2020 - “*a CLoud-based platform for Immersive adaPtive video Streaming (CLIPS)*”, Programma Operativo “Imprese e competitività 2014-2020, Finanziato dal Ministero dello Sviluppo Economico. Ruolo: **leader di WP**.
3. 2016-2018 “*Modellazione e progettAZione di algoRitmi di COntrollo per la distribuzioNe video su Internet (MARCONI)*” (Modelling and Design of Control Algorithms for Video Distribution over the Internet), finanziato dalla Regione Puglia mediante l’azione “Future in Research” 2016-2018. Ruolo: **Principal Investigator**.
4. 2015-2016 “*Nippon-European Cyberdefense-Oriented Multilayer threat Analysis (NECOMA)*”, FP7 Grant Agreement No. 608533. Ruolo: partecipante.
5. 2014 - *Congestion Control for Web Real-Time Communication (WebRTC)*, Google Faculty Research Award 2014, Finanziato da Google, USA. Ruolo: **Responsabile** attività di progettazione e realizzazione del prototipo per Google.
6. 2014-2016 - *Massive Adaptive Internet VIdeo STreaming Using the Cloud (MAIVISTO)*, PON R&C - *Bando Startup*, Finanziato da MIUR, Italia. Ruolo: **Leader dell’obiettivo realizzativo OR2** “Control Plane per orchestrare la distribuzione Video su Cloud. **Componente del Comitato Tecnico Scientifico** del progetto.
7. 2012-2015 - *Platform for Innovative Service for the Future Internet (PLATINO)* PON R&C, Finanziato dal MIUR, Italia. Ruolo: **Leader dell’OR “Resource Management” (OR3)**. Ambito di indagine: “Studio di Algoritmi di Controllo di Congestione e di Overload per applicazioni di comunicazione audiovideo in tempo reale”.
8. 2013-2014 - *Architecture for Robust and Efficient Control of Dynamic Adaptive Video Streaming over HTTP*, Finanziato da: Cisco, “University Research Program”, Silicon Valley Community Foundation, USA Ruolo: partecipante.
9. 2008-2010 - *Infrastrutture di Telecomunicazione e Reti Wireless di Sensori nella Gestione di Situazioni di Emergenza (PS 121)*, Finanziato dalla “Regione Puglia”, Italia. Ruolo: partecipante.

10. 2007 - *Future Internet Design (FIND)*. Finanziato dalla “National Science Foundation”, USA. Ruolo: partecipante.
11. 2007-2008 - *End-to-end protocols for video over IP*, Finanziato da “Financial Tradeware plc”, Italia. Ruolo: partecipante.
12. 2006-2007 - *Traffic and QoS management in Wireless Multimedia Networks*, finanziato da COST 290 action, EU. Ruolo: partecipante.
13. 2006-2007 - *Fluid Analytical Models Of Autonomous Systems (FAMOUS)*, finanziato dal MIUR (PRIN no. 2005093971), Italia. Ruolo: partecipante.
14. 2005-2006 - *End-to-End protocols for audio/video over Internet protocol*, finanziato da Financial Tradeware, Italia. Ruolo: partecipante.

4.5 Premi ottenuti per le attività di ricerca svolte

Le attività di ricerca svolte dall'Ing. De Cicco hanno ottenuto i seguenti riconoscimenti internazionali.

- Best paper award per l'articolo: G. Cofano, L. De Cicco, Thomas Zinner, Anh Nguyen-Ngoc, Phuoc Tran-Gia, and S. Mascolo, “Network-assisted Control for HTTP Adaptive Video Streaming”, *Proc. ACM Multimedia Systems 2016*, Klagenfurt, Austria, May 2016;
- Best paper award per l'articolo: E. Bocchi, L. De Cicco, D. Rossi, “Measuring the Quality of Experience of Web users”, in *Proc. of ACM SIGCOMM Workshop on QoE-based Analysis and Management of Data Communication Networks (Internet-QoE 2016)*, Aug. 2016;
- Runner-up per il best paper award per l'articolo: J. Rubio-Hernan, L. De Cicco, J. Garcia-Alfaro, “Revisiting a Watermark-based Detection Scheme to Handle Cyber-Physical Attacks”, *Proc. of 11th International Conference on Availability, Reliability and Security (ARES)*, Salzburg, Austria, 2016 (acc. rate: 24%).

Le attività svolte con riferimento alla ricerca sulla progettazione di sistemi di controllo di congestione per la comunicazione in tempo reale su Internet hanno portato al riconoscimento del prestigioso «Google Faculty Research Award» (P.I. Prof. Saverio Mascolo) nel 2014.

4.6 Attività connesse alla ricerca

4.6.1 Attività editoriale

Attività editoriale svolta per riviste internazionali

Luca De Cicco è *Associate Editor* della rivista internazionale *Internet Technology Letters (Wiley)* dal 2017.

Attività editoriale svolta per conferenze internazionali

- E' stato nominato Technical Program Committee Co-Chair (track ODS) e membro dell'Organizing Committee della conferenza ACM Multimedia Systems 2021, Istanbul, Turkey, June, 2021.
- E' stato Technical Program Committee Co-Chair (track ODS) e membro dell'Organizing Committee della conferenza ACM Multimedia Systems 2020, (Virtual Event), June, 2020.
- E' stato chair di due sessioni della conferenza internazionale ACM Multimedia Systems 2020, (Virtual Event), June, 2020.
- E' stato chair di una sessione della conferenza internazionale ACM Multimedia Systems 2019, Amherst, USA, June, 2019.
- E' stato co-chair della sessione «Modeling» della conferenza IEEE Conference on Decision and Control 2016, Las Vegas, USA, Dec, 2016.
- E' stato membro del Technical Program Committee delle seguenti conferenze internazionali:
 - International Conference on Availability, Reliability and Security (ARES 2020);
 - International Conference on Availability, Reliability and Security (ARES 2019);
 - Balkancom (2019);
 - MobiApps (2019);
 - International Conference on Availability, Reliability and Security (ARES 2018).

4.6.2 Revisione di Articoli Scientifici

Luca De Cicco ha svolto attività di revisione per numerose riviste internazionali tra le quali si citano:

- Automatica (Elsevier);
- IEEE Transaction on Automatic Control;

- IEEE Transactions on Control System Technologies;
- International Journal of Control;
- IEEE/ACM Transactions on Networking;
- IEEE Journal on Selected Areas in Communication;
- IEEE Transactions on Network and Service Management;
- IEEE Transactions on Vehicular Technologies;
- Computer Networks (Elsevier).

E' inoltre stato revisore per numerose conferenze internazionali tra le quali si citano:

- IEEE Conference on Decision and Control;
- American Control Conference;
- IFAC World Congress;
- IEEE System Man and Cybernetics;
- ACM Multimedia;
- ACM Multimedia Systems;
- IEEE Workshop on MultiMedia Signal Processing.

4.6.3 Seminari invitati

L'Ing. De Cicco è stato invitato a presentare i risultati delle proprie attività di ricerca da diversi istituti di ricerca come riportato in seguito.

- 30/10/2015 - «Detecting Cyber-Physical System Attacks», seminario invitato dal gruppo SAMOVAR del CNRS presso TELECOM SudParis, Evry, France, nel contesto dell'evento "Journée sécurité SAMOVAR".
- 12/11/2014 - "Controlling Adaptive Video Streaming Systems: one Knob is Enough", seminario invitato dal LINCS, Paris, France.
- 4/12/2013 - "Understanding the Dynamic Behaviour of the Google Congestion Control", seminario invitato dal LINCS, Paris, France.
- 16/2/2012 - "Adaptivity in Multimedia Flows", seminario invitato presso il LAAS CNRS, Toulouse, France.

4.6.4 Partecipazione a conferenze in qualità di relatore

Conferenze Internazionali

- ACM Multimedia Systems (ACM MMSys '19), Amherst, Massachusetts, USA, June, 2019.
- ACM Multimedia Systems (ACM MMSys '18), Amsterdam, June, 2018.
- IEEE Conference on Decision and Control (IEEE CDC 2016), Las Vegas, Nevada, USA, Dec 2016.
- IEEE Conference on Decision and Control (IEEE CDC 2014), Los Angeles, California, USA, December 2014.
- Packet Video Workshop 2013, San Jose, CA, USA, December 2013.
- ACM SIGCOMM 2013 Workshop on Future Human-Centric Multimedia Networking, Hong Kong, China, August 2013.
- IEEE ICC'13 - 1st International Workshop on Mobile Cloud Networking and Services (MCN), Budapest, Hungary, June, 2013.
- ACM Multimedia Systems 2011, San Jose, USA, 2011.
- IEEE Conference on Decision and Control 2008, Cancun, Mexico, Dec, 2008.
- WWIC 2007, Coimbra, Portugal, May, 2007.

Conferenze Italiane

- Convegno Nazionale Automatica.it 2017, Milano, 11-13 settembre, 2017.
- Convegno Nazionale Automatica.it 2016, Roma, 5-7 settembre, 2016.
- Convegno Nazionale Automatica.it 2015, Bari, 7-9 settembre, 2015.
- Convegno Nazionale Automatica.it 2014, Bergamo, 8-10 settembre, 2014.

4.6.5 Attività di tutoraggio di tesi di dottorato

Dal 2/2015 al 7/2017 è stato co-tutor insieme al Prof. Joaquin Garcia-Alfaro dello studente di dottorato Jose Manuel Rubio Hernan dell'Università Telecom SudParis, Institut Mines Telecom, Evry, Francia. Titolo della tesi: «Detection of Attacks against Cyber-Physical Industrial Systems».

5 Attività didattica

L'Ing. De Cicco ha svolto attività di didattica in corsi ufficiali del Politecnico di Bari inizialmente, durante il dottorato, come supporto alla didattica (Sezione 5.2) e successivamente come docente ufficiale di corsi (Sezione 5.1).

5.1 Docenza in Corsi di Laurea

Luca De Cicco è stato docente ufficiale dei seguenti corsi universitari svolti presso le sedi di Bari e Taranto del Politecnico di Bari.

- A.A. 2019-2020 - “Mobile Robotics”, 6 CFU (2° modulo dell’esame “Robotics”), Automation Engineering, Laurea Magistrale, Politecnico di Bari, sede di Bari (insegnamento in lingua inglese).
- A.A. 2019-2020 - “Embedded Control”, 6 CFU (2° modulo dell’esame “Robotics”), Automation Engineering, Laurea Magistrale, Politecnico di Bari, sede di Bari (insegnamento in lingua inglese).
- A.A. 2019-2020 - “Fondamenti di Automatica (Mod. 1)”, 6 CFU (1° modulo dell’esame “Fondamenti di Automatica”), Ing. dei Sistemi Medicali, Laurea Triennale, Politecnico di Bari, sede di Bari.
- A.A. 2019-2020 - “Fondamenti di Automatica (Mod. 1)”, 6 CFU (1° modulo dell’esame “Fondamenti di Automatica”), Ing. Informatica e dell’Automazione (corso A-L), Laurea Triennale, Politecnico di Bari, sede di Bari.
- A.A. 2018-2019 - “Embedded Control”, 6 CFU (2° modulo dell’esame “Robotics”), Automation Engineering, Laurea Magistrale, Politecnico di Bari, sede di Bari (insegnamento in lingua inglese).
- A.A. 2018-2019 - “Fondamenti di Automatica (Mod. 1)”, 6 CFU (1° modulo dell’esame “Fondamenti di Automatica”), Ing. dei Sistemi Medicali, Laurea Triennale, Politecnico di Bari, sede di Bari.
- A.A. 2018-2019 - “Fondamenti di Automatica (Mod. 1)”, 6 CFU (1° modulo dell’esame “Fondamenti di Automatica”), Ing. Informatica e dell’Automazione (corso A-L), Laurea Triennale, Politecnico di Bari, sede di Bari.
- A.A. 2017-2018 - “Fondamenti di Automatica (Mod. 2)”, 6 CFU (2° modulo dell’esame “Fondamenti di Automatica”), Ing. dei Sistemi Aerospaziali, Laurea Triennale, Politecnico di Bari, sede di Taranto.
- A.A. 2017-2018 - “Fondamenti di Automatica (Mod. 1)”, 6 CFU (1° modulo dell’esame “Fondamenti di Automatica”), Ing. Informatica e dell’Automazione (corso A-L), Laurea Triennale, Politecnico di Bari, sede di Bari.

- A.A. 2016–2017 - “Fondamenti di Automatica (Mod. 2)”, 6 CFU (2° modulo dell’esame “Fondamenti di Automatica”), Ing. dei Sistemi Aerospaziali, Laurea Triennale, Politecnico di Bari, sede di Taranto.
- A.A. 2013–2014 - “Controllo sullo stato dei sistemi dinamici”, 6 CFU, Ingegneria Elettronica (D.M. 270/04), Laurea Magistrale, Politecnico di Bari, sede di Taranto.
- A.A. 2009–2010 - “Fondamenti di Automatica (Mod. 1)”, 6 CFU (1° modulo dell’esame “Fondamenti di Automatica”) 6 CFU, Ingegneria Elettronica, Laurea Triennale, Politecnico di Bari, sede di Bari.
- A.A. 2008–2009 - “Fondamenti di Automatica (Mod. 1)”, 6 CFU (1° modulo dell’esame “Fondamenti di Automatica”) 6 CFU, Ingegneria Elettronica, Laurea Triennale, Politecnico di Bari, sede di Bari.

5.2 Cicli di Sostegno alla Didattica

Durante il dottorato l’Ing. De Cicco ha svolto tre cicli di sostegno alla didattica ciascuno della durata di 20 ore tenendo lezioni esercitative per i seguenti corsi:

- A.A. 2007–2008 - “Fondamenti di Automatica (Mod. 2)”, Cicli di sostegno alla didattica, 20 ore, Politecnico di Bari, sede di Bari.
- A.A. 2006–2007 - “Fondamenti di Automatica (Mod. 1)”, Cicli di sostegno alla didattica, 20 ore, Politecnico di Bari, sede di Bari.
- A.A. 2005–2006 - “Fondamenti di Automatica (Mod. 1)”, Cicli di sostegno alla didattica, 20 ore, Politecnico di Bari, sede di Bari.

Ha inoltre tenuto seminari didattici per il corso «Control Methods for Computer Networks» della laurea Magistrale in Ingegneria Informatica.

5.3 Altre attività di docenza

- Il 19/11/2014 è invitato a tenere una lezione di 4 ore presso l’università Telecom ParisTech a Parigi (Francia) nell’ambito della Athens Week¹⁶ intitolata “Adaptive Video Streaming Systems: from theory to practice”.
- Nel 2007 tiene un corso di alta formazione professionale di 80 ore intitolato “Il sistema operativo GNU/Linux”, presso l’azienda AET s.r.l., Bari nell’ambito di un progetto PON.
- Nel 2004 tiene un corso di 60 ore a Matera nell’ambito del programma di certificazione CISCO CCNA intitolato “Il sistema operativo GNU/Linux” per l’IFOA.

¹⁶<http://www.athensprogramme.com/>

5.4 Tesi di laurea

E' stato o è attualmente realatore o co-relatore di numerose tesi di Laurea per i seguenti corsi di studio¹⁷:

- Corso di Laurea Magistrale in Automation Engineering;
- Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Informatica;
- Corso di Laurea Triennale in Ingegneria Informatica e dell'Automazione;
- Corso di Laurea Triennale in Ingegneria dei Sistemi Aerospaziali.

¹⁷Una lista incompleta aggiornata fino al 2016 è presente al sito <https://c3lab.poliba.it/Students>

6 Attività istituzionali

6.1 Commissioni di Dottorato

- 7/2017 - Membro della commissione dell'esame di dottorato di Jose Rubio-Hernan, TELECOM SudParis, Institut Mines Telecom, Ecole doctorale EDITE. Co-Tutor: J. Garcia-Alfaro, Luca De Cicco.
- 27/02/2014 - Valutazione a metà percorso del dottorato di YiXi GONG, LINCSE, TELECOM Paris Tech, Ecole doctorale EDITE. Tutor: Prof. Dario Rossi. Commissione composta da: Luca De Cicco, Renata Teixeira (INRIA).

6.2 Partecipazione a commissioni e collegi

- Membro del Collegio del *Dottorato di Ricerca Ingegneria Elettrica e dell'Informazione* (DRIEI), XXXVI Ciclo.
- Dal novembre 2018 è stato nominato membro della «Commissione di Riesame» per il Consiglio del Corso di Studi della Laurea Magistrale in Ingegneria dell'Automazione.
- Dal 2018 è membro della «Commissione Terza Missione» del Dipartimento di Ingegneria Elettrica e dell'Informazione.
- Oltre agli insegnamenti per i quali è docente, l'Ing. De Cicco è membro delle commissioni dei seguenti insegnamenti del Politecnico di Bari:
 - «Model Predictive Control», Corso di Laurea Magistrale in Automation Engineering, Presidente della Commissione Prof. Saverio Mascolo;
 - «Control Methods for Computer Networks», Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Informatica, Presidente della Commissione Prof. Saverio Mascolo;
 - «Controlli Automatici», Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Meccanica, Presidente della Commissione Prof. David Naso.

7 Pubblicazioni

7.1 Riviste internazionali

- [ITL-2020] G. Ribezzo, L. De Cicco, V. Palmisano, S. Mascolo, “A DASH 360° Immersive Video Streaming Control System”, *Internet Technology Letters*, Wiley, itl2.175, doi: 10.1002/itl2.175, May, 2020
- [ITL-2019] L. De Cicco, S. Mascolo, V. Palmisano, G. Ribezzo, “Reducing the Network Bandwidth Requirements for 360° Immersive Video Streaming”, *Internet Technology Letters*, Wiley, e118, doi: 10.1002/itl2.118, June, 2019
- [ADHOC 2019] L. De Cicco, V. Palmisano, S. Mascolo, “QoE-driven Resource Allocation for Massive Video Distribution”, *Ad Hoc Networks*, Elsevier, June, 2019
- [ITL 2018] J. Rubio-Hernan, R. Sahay, L. De Cicco, J. Garcia-Alfaro, “Cyber-physical architecture assisted by programmable networking”, *Internet Technology Letters*, 1 (4), e44, 25 March 2018
- [ETT 2018] J. Rubio-Hernan, Luca De Cicco, and J. Garcia-Alfaro, “Adaptive Control-Theoretic Detection of Integrity Attacks against Cyber-Physical Industrial Systems”, *Transactions on Emerging Telecommunications Technologies*, Volume 29, Issue 7, July 2018, e3209, DOI: 10.1002/ett.3209
- [TNET 2017] Gaetano Carlucci, Luca De Cicco, Stefan Holmer, Saverio Mascolo, “Congestion Control for Web Real-Time Communication”, *IEEE/ACM Transactions on Networking*, vol. 25, no. 5, pp. 2629–2642, Oct. 2017. doi: 10.1109/TNET.2017.2703615
- [COMSTD 2017] Luca De Cicco, Gaetano Carlucci, Saverio Mascolo, “Congestion Control for WebRTC: Standardization Status and Open Issues”, *IEEE Communications Standard Magazine*, special issue on “Real-time communication in the Web: current achievements and future perspectives”, Volume: 1, Issue: 2, June, 2017, DOI: 10.1109/MCOMSTD.2017.1700014
- [TOMM 2017] G. Cofano, Luca De Cicco, T. Zinner, A. Nguyen-Ngoc, P. Tran-Gia, and S. Mascolo, “Design and Experimental Evaluation of Network-assisted Control Strategies for HTTP Adaptive Video Streaming”, *ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications, and Applications (TOMM)* (invited paper for the special issue “best papers of the ACM Mmsys 2016 conference”), Volume 13, Issue 3s, August 2017, DOI: 10.1145/3092836
- [IS 2017] Jose Rubio-Hernan, Luca De Cicco, Joaquin Garcia-Alfaro, “On the use of Watermark-based schemes to Detect Cyber-Physical Attacks”, *EURASIP Journal on Information Security*, (invited paper selected from the best papers of ARES 2016), Vol. 8, June 2017, DOI: 0.1186/s13635-017-0060-9

- [TCNS 2016] Giuseppe Cofano, Luca De Cicco, Saverio Mascolo, “Modeling and Design of Adaptive Video Streaming Control Systems”, *IEEE Transactions on Control of Network Systems*, November 2016, DOI: 10.1109/TCNS.2016.2631452
- [CCR 2016b] Enrico Bocchi, Luca De Cicco, and Dario Rossi, Measuring the Quality of Experience of Web users, *ACM SIGCOMM Computer Communication Review*, Volume 46 Issue 4, October 2016, DOI: 10.1145/3027947.3027949
- [TOMPECS 2016] L. De Cicco, Y. Gong, D. Rossi, E. Leonardi, “A control theoretic analysis of low-priority congestion control reprioritization under AQM”, *ACM Transactions on Modeling and Performance Evaluation of Computing Systems (TOMPECS)*, Volume 1 Issue 4, Sept. 2016, DOI: 10.1145/2934652
- [CCR 2016a] G. Carlucci, L. De Cicco, and S. Mascolo, “Controlling Queuing Delays for Real-Time Communication: Interplay of E2E and AQM Algorithms”, *ACM SIGCOMM Computer Communication Review*, July 2016
- [NAHS 2015] Luca De Cicco, Giuseppe Cofano, and S. Mascolo, “A Hybrid Model of the Akamai Adaptive Streaming Control System”, *Nonlinear Analysis: Hybrid Systems*, Elsevier, Volume 21, Pages 139–154, August 2016, DOI: 10.1016/j.nahs.2015.12.007
- [TCNS 2015] Luca De Cicco, Giuseppe Cofano, and Saverio Mascolo, “Local SIP Overload Control: Controller Design and Optimization by Extremum Seeking”, *IEEE Transactions on Control of Network Systems*, Vol. 2, Issue 3, pp. 267–277, Sept. 2015, DOI: 10.1109/TCNS.2015.2401171
- [TNET 2014] Luca De Cicco and Saverio Mascolo, “An Adaptive Video Streaming Control System: Modelling, Validation, and Performance Evaluation”, *IEEE/ACM Transactions on Networking*, Volume 22, Issue 2, pp. 526 - 539, April 2014, DOI: 10.1109/TNET.2013.2253797
- [Automatica 2011] Luca De Cicco, Saverio Mascolo, Silviu-Iulian. Niculescu, “Robust Stability Analysis of Smith Predictor-based Congestion Control Algorithms for Computer Networks”, *Automatica*, Elsevier, vol. 47, issue 8, pp. 1685–1692, Aug. 2011, DOI: 10.1016/j.automatica.2011.02.036
- [COMNET 2011] Luca De Cicco, Saverio Mascolo, Vittorio Palmisano, “Skype Video Congestion Control: an Experimental Investigation”, *Computer Networks*, Elsevier, vol. 55, issue 3, pp. 558–571, Feb. 2011, DOI: 10.1016/j.comnet.2010.09.010
- [TAC 2010] Luca De Cicco, Saverio Mascolo, “A Mathematical Model of the Skype VoIP Congestion Control Algorithm”, *IEEE Transactions on Automatic Control*, vol. 55, n. 3, pp 790–795, Mar 2010, DOI: 10.1109/TAC.2010.2040502

7.2 Conferenze internazionali con pubblicazione degli atti

- [IFACWC-20] Luca De Cicco, Gioacchino Manfredi, Vittorio Palmisano, Saverio Mascolo, “A Multi-Commodity Flow Problem for Fair Resource Allocation in Multi-Path Video Delivery Networks”, Proc. of IFAC World Congress 2020, Berlin, Germany, July 2020
- [FATMM-19] Luca De Cicco, Gioacchino Manfredi, Saverio Mascolo, and Vittorio Palmisano, “QoE-fair Resource Allocation for DASH Video Delivery Systems”, Proc. of 1st International Workshop on Fairness, Accountability, and Transparency in MultiMedia (FAT/MM ’19), Nice, October 25, 2019
- [MMSYS-19] L. De Cicco, G. Cilli, S. Mascolo, “ERUDITE: a Deep Neural Network for Optimal Tuning of Adaptive Video Streaming Controllers”, Proc. of 10th ACM Multimedia Systems Conference (ACM MMSys ’19), Amherst, MA, USA, June 18-21, 2019
- [BALK-18] G. Ribezzo, L. De Cicco, V. Palmisano, S. Mascolo, “Reducing Network Bandwidth Requirements for Immersive Video Streaming”, Proc. of Balkancom 2018, Podgorica, Montenegro, June 2018
- [MMSYS-18] G. Ribezzo, G. Samela, L. De Cicco, V. Palmisano, S. Mascolo, “A DASH Video Streaming System for Immersive Contents”, in Proc. of ACM Multimedia Systems Conference (ACM MMSYS) - Demo, Amsterdam, The Netherlands, June 2018
- [BALK-17] G. Cofano, L. De Cicco, S. Mascolo, V. Palmisano, “QoE-driven Resource Allocation for Massive Video Distribution”, in Proc. of First International Balkan Conference on Communications and Networking, Tirana, Albania, May 30-June 2, 2017
- [PAM-17] E. Bocchi, L. De Cicco, M. Mellia, D. Rossi, “The Web, the Users, and the MOS: Influence of HTTP/2 on User Experience”, in Proc. of Passive and Active Measurements, Sydney, Australia, March 2017
- [CDC-16] G. Cofano, L. De Cicco, S. Mascolo, “A Hybrid Model of Adaptive Video Streaming Control Systems”, in Proc. of IEEE Conference on Decision and Control (IEEE CDC 2016), Las Vegas, Nevada, USA, Dec 2016
- [ARES-16] J. Rubio-Hernan, L. De Cicco, J. Garcia-Alfaro, “Revisiting a Watermark-based Detection Scheme to Handle Cyber-Physical Attacks”, Proc. of 11th International Conference on Availability, Reliability and Security (ARES), Salzburg, Austria, Sep. 2016

- [NSEC-16] J. Rubio-Hernan, L. De Cicco, J. Garcia-Alfaro, “Event-Triggered Watermarking Control to Handle Cyber-Physical Integrity Attacks”, in Proc of Nordic Conference on Secure IT Systems, Nov. 2016
- [QoE-16] E. Bocchi, L. De Cicco, D. Rossi, “Measuring the Quality of Experience of Web users”, in Proc. of ACM SIGCOMM Workshop on QoE-based Analysis and Management of Data Communication Networks (Internet-QoE 2016), Aug. 2016
- [ANRP-16] G. Carlucci, L. De Cicco, S. Holmer, and S. Mascolo, “Making Google Congestion Control robust over Wi-Fi networks using packet grouping”, in Proc. of ACM, IRTF & ISOC, Applied Networking Research Workshop 2016, Berlin, Germany, July 2016
- [MED-16] G. Carlucci, L. De Cicco, C. Ilharco, and S. Mascolo, “Congestion Control for Real-time Communications: a comparison between NADA and GCC”, 24th IEEE Mediterranean Conference on Control & Automation, Athens, Greece, June 2016
- [MMSYS-16a] G. Cofano, L. De Cicco, Thomas Zinner, Anh Nguyen-Ngoc, Phuoc Tran-Gia, and S. Mascolo, “Network-assisted Control for HTTP Adaptive Video Streaming”, in Proc. ACM Mmsys 2016, Klagenfurt, Austria, May 2016
- [MMSYS-16b] G. Carlucci, L. De Cicco, S. Holmer, S. Mascolo, “Analysis and Design of Congestion Control for Video Conference”, in Proc. ACM Mmsys 2016, Klagenfurt, Austria, May 2016
- [ACC-15] Giuseppe Cofano, Luca De Cicco, Saverio Mascolo, “Characterizing Adaptive Video Streaming Control Systems”, in Proc. of American Control Conference (ACC 2015), Chicago, USA, July 1-3 2015
- [SAC-15] Gaetano Carlucci, Luca De Cicco, Saverio Mascolo, “HTTP over UDP: an experimental investigation of QUIC”, in Proc. of 30th ACM/SIGAPP Symposium On Applied Computing (SAC 2015), Salamanca, Spain, April 2015
- [EUCNC-15] Thomas Zinner, Giuseppe Cofano, Florian Wamser, Luca De Cicco, Saverio Mascolo, Phuoc Tran-Gia, “Interaction of Control Loops on Application, Transport, and Network Layer”, Proc of EUCNC - Special Session 3 QoS/QoE Monitoring and Management with SDN, Paris, France, June 2015
- [VidNext14-2] Giuseppe Cofano, Luca De Cicco, Saverio Mascolo, “A Control Architecture for Massive Adaptive Video Streaming Delivery”, in Proc. of ACM VideoNext Workshop, Sydney, Australia, December 2014
- [VidNext14-1] Luca De Cicco, Vito Caldaralo, Vittorio Palmisano, Saverio Mascolo, “TAPAS: a Tool for rApid Prototyping of Adaptive Streaming algorithms”, in Proc. of ACM VideoNext Workshop, Sydney, Australia, December 2014

- [CDC-14] Luca De Cicco, Gaetano Carlucci, Saverio Mascolo, “Modelling and Control for Web Real-Time Communication”, In Proc. of 53rd IEEE Conference on Decision and Control, Los Angeles, California, USA, December 2014
- [MED-14] Luca De Cicco, Saverio Mascolo, “TCP Congestion Control over HSD-PA: an Experimental Evaluation”, In Proc. of 22nd Mediterranean Conference on Control & Automation, Palermo, Italy, June 2014
- [ECC-14] L. De Cicco, S. Mascolo, S-I. Niculescu, “The Trade-off between Robustness and Disturbance Rejection for Congestion Control Algorithms based on a Modified Smith-Predictor”, in Proc. of European Control Conference 2014, Strasbourg, France, 24-27 June 2014
- [IFAC-WC14] L. De Cicco, G. Cofano, and S. Mascolo, “A Hybrid Model of the Akamai Adaptive Streaming Control System”, IFAC World Congress 2014, Cape Town, South Africa, 24-29 August 2014
- [PV13] L. De Cicco, G. Carlucci, and S. Mascolo, “Understanding the Dynamic Behaviour of the Google Congestion Control”, Proc. of Packet Video Workshop 2013, San Jose, CA, USA, Dec 2013
- [PV13-2] L. De Cicco, V. Caldaralo, V. Palmisano, and S. Mascolo, “ELASTIC: a Client-side Controller for Dynamic Adaptive Streaming over HTTP (DASH)”, Proc. of Packet Video Workshop 2013, San Jose, CA, USA, Dec 2013
- [CDC13] L. De Cicco, G. Cofano, and S. Mascolo, “Local SIP Overload Control: Controller Design and Optimization by Extremum Seeking”, Proc. of IEEE CDC 2013, Firenze, Italy, Dec 2013
- [FHMN13] L. De Cicco, G. Carlucci, and S. Mascolo, “Experimental Investigation of the Google Congestion Control for Real-Time Flows”, Proc. of ACM SIGCOMM 2013 Workshop on Future Human-Centric Multimedia Networking, Aug 2013
- [WWIC13] Luca De Cicco, G. Cofano, and S. Mascolo, “Local SIP Overload Control”, Proc. of WWIC 2013, S. Petersburg, Russia, June, 2013
- [WoWMoM13] S. Alfredsson, G. Del Giudice, J. Garcia, A. Brunstrom, Luca De Cicco, S. Mascolo, “Impact of TCP Congestion Control on Bufferbloat in Cellular Networks”, Proc of. 14th IEEE International Symposium on a World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks, Madrid, Spain, 4-7 June 2013
- [ICC13] Luca De Cicco, S. Mascolo, and D. Calamita, “A Resource Allocation Controller for Cloud-based Adaptive Video Streaming”, in Proc of IEEE ICC’13 - 1st International Workshop on Mobile Cloud Networking and Services (MCN), Budapest, Hungary, June, 2013

- [MSC11] Luca De Cicco, S. Mascolo and C. Abdallah, "An Experimental Evaluation of Akamai Adaptive Video Streaming over HSDPA networks", in Proc. of IEEE Multi-Conference on Systems and Control 2011 (Invited CACSD-SU Session 'Computing and Control'), Denver, CO, USA, September 28-30, 2011
- [MMSYS11] Luca De Cicco, S. Mascolo, V. Palmisano, "Feedback Control for Adaptive Live Video Streaming", in Proc. of ACM Multimedia Systems Conference 2011, special session on Modern Media Transport, San Jose, California, USA, Feb 2011
- [USAB10] Luca De Cicco, S. Mascolo, "An Experimental Investigation of the Akamai Adaptive Video Streaming", in Proc. of USAB 2010, pp. 447-464, Klagenfurt, Austria, Nov. 2010
- [ICNP09] Luca De Cicco and S. Mascolo, "A Mismatch Controller for Implementing High-Speed Rate-based Transport Protocols", in Proc. of 17th IEEE International Conference on Network Protocols (ICNP '09), Princeton, NJ, USA, Oct. 13-16, 2009 (Acceptance rate: 18%)
- [TDS09] Luca De Cicco, S. Mascolo, S-I Niculescu, "Robust Stability Analysis of a Class of Smith Predictor-based Congestion Control Algorithms for Computer Networks", in Proc. of IFAC 8th Workshop of Time delay Systems (TDS '09), Sinaia, Romania, Sept 1-3, 2009
- [CDC08] Luca De Cicco, Saverio Mascolo, Vittorio Palmisano, "A Mathematical Model of the Skype VoIP Congestion Control Algorithm", in Proc. of IEEE Conference on Decision and Control, Cancun, Mexico, Dec 2008
- [WWIC08] Luca De Cicco, S. Mascolo, V. Palmisano, "An Experimental Investigation of the End-to-End QoS of the Apple Darwin Streaming Server", in Proc. WWIC 2008, Tampere, Finland, May, 2008
- [Tridentcom08] J. Khoury, Luca De Cicco, H. Jerez, C. Abdallah, J. Crichigno, W. Shu, G. Heileman, "Design and Implementation of a Framework for Persistent Identification and Communication in Emerging Networks", in Proc. of IEEE TRIDENTCOM 2008, Innsbruck, Austria, March, 2008
- [NOSSDAV08] Luca De Cicco, S. Mascolo, V. Palmisano, "Skype Video Responsiveness to Bandwidth Variations", in Proc. of ACM NOSSDAV '08, Germany, May, 2008
- [MOBICOM demo] J. Khoury, J. Crichigno, Luca De Cicco, C. T. Abdallah, W. Shu, and G. Heileman, H. Jerez, "The InterMesh Network Architecture", Mobicom 2007, Montreal, Canada (Demo Session), September, 2007

- [WWIC07] Luca De Cicco, S. Mascolo and V. Palmisano, "An Experimental Investigation of the Congestion Control Used by Skype VoIP", in Proc. of WWIC 2007, May 2007
- [NEWAN07] Luca De Cicco and Saverio Mascolo, "TCP Congestion Control over 3G Communication Systems: an Experimental Evaluation", in Proc. of NEW2AN 2007
- [NEWAN06] Luca De Cicco, Saverio Mascolo, "TCP versus TFRC over wired and wireless Internet scenarios: an experimental evaluation", in Proc. of NEW2AN 2006, January 2006
- [MedHocNet06] D. Valerio, L. De Cicco, S. Mascolo, F. Vacirca, T. Ziegler, "Optimization of IEEE 802.11 parameters for wide area coverage", MEDHOCNET 2006, November 2006

7.3 Documenti di Standardizzazione

- [GCC-16] S. Holmer, H. Lundin, G. Carlucci, L. De Cicco, S. Mascolo, "A Google Congestion Control Algorithm for Real-Time Communication, draft-ietf-rmcat-gcc-02, July 2016" pubblicato come documento del working group "RTP Media Congestion Avoidance Techniques" (RMCAT) dell'Internet Engineering Task Force (IETF).
- [GCC-14] H. Lundin, S. Holmer, H. Alvestrand, L. De Cicco, and S. Mascolo, "A Google Congestion Control Algorithm for Real-Time Communication", IETF draft RMCAT wg, draft-alvestrand-rmcat-congestion-02, Feb 2014

7.4 Tesi di dottorato

[PhD] L. De Cicco, "Modeling, design, and implementation issues in Multimedia Congestion Control Algorithms", PhD Thesis, Tesi di Dottorato in Ingegneria dell'Informazione, 2008

**Dichiarazione sostitutiva di certificazioni
(Art. 46 del D.P.R. 28 Dicembre 2000, n. 445)**

**Dichiarazione Sostitutiva dell'atto di notorietà
(Art. 47 del D.P.R. 28 Dicembre 2000, n. 445)**

Il sottoscritto DE CICCO Luca nato a Bari il 24/06/1979 e residente in Bari (BA) alla Via Hahnemann, n. 2, e-mail luca.decicco@poliba.it, C.F. DCCLCU79H24A662, sotto la propria responsabilità e consapevole delle sanzioni penali previste dall'art. 76 D.P.R. 28/12/2000 n. 445 per le ipotesi di falsità in atti e dichiarazioni mendaci,

D I C H I A R A

ai sensi degli artt. 46 e 47 D.P.R. 445/2000, che quanto contenuto nel presente curriculum corrisponde a verità. Dichiaro inoltre di essere informato, ai sensi e per gli effetti di cui al D.Lgs 196/2003 che i dati personali raccolti saranno trattati, anche con strumenti informatici, esclusivamente nell'ambito del procedimento per il quale le presenti dichiarazioni vengono rese.

Bari, 10 luglio 2020

Il Dichiarante (*)
Ing. Luca DE CICCO



(*) Autentica omessa ai sensi del c. 11 dell'art. 2 della L. 191/98

Relazione sulle attività svolte nell'ambito della posizione professionale di Ricercatore a Tempo Determinato art. 24, comma 3, lettera b, L. 240/2010 dall'Ing. Luca De Cicco

L'Ing. Luca De Cicco è risultato vincitore della procedura concorsuale bandita dal Politecnico di Bari con D.R. n. 332 del 24/07/2017 (codice procedura RUTDb 17.05) ed ha sottoscritto il giorno 5/2/2018 un contratto da ricercatore a tempo determinato art. 24, comma 3, lettera b, L. 240/2010 con il Politecnico di Bari con afferenza al Dipartimento di Ingegneria Elettrica e dell'Informazione (DEI). La scadenza di tale contratto è il 4/2/2021.

Questa relazione descrive sinteticamente le attività svolte dall'Ing. Luca De Cicco nell'ambito della posizione di Ricercatore a Tempo Determinato di tipo B nel S.S.D. ING-INF/04 “Automatica”. Si fa presente che l'Ing. De Cicco ha conseguito il 7/4/2017 l'Abilitazione Scientifica Nazionale alle funzioni di professore di seconda fascia nel settore concorsuale 09/G1.

Nella restante parte di questa relazione sono descritte le attività svolte nell'ambito della posizione da ricercatore a tempo determinato di tipo B dalla data di stipula del contratto ad oggi (5/2/2018-10/7/2020). In particolare, la Sezione 1 descrive le attività di ricerca, la Sezione 2 è dedicata alle attività didattiche svolte e infine la Sezione 3 riassume le attività istituzionali affidate all'Ing. De Cicco.

1 Attività di ricerca

1.1 Produzione scientifica

Le attività di ricerca svolte complessivamente dall'Ing. De Cicco si inquadrano nell'ambito del controllo dei sistemi a rete con particolare riferimento alle applicazioni su Internet. Nell'ambito della posizione da ricercatore a tempo determinato di tipo B, l'Ing. De Cicco ha svolto principalmente attività di ricerca sulle tematiche inerenti al controllo di applicazioni per la distribuzione massiva di contenuti video su Internet anche in innovative modalità di fruizione in *Augmented Reality/Virtual Reality*. In seguito si descrivono sinteticamente le attività di ricerca svolte.

Distribuzione massiva di video su Internet

La distribuzione massiva di contenuti video su Internet verso una *audience* potenziale di milioni di utenti contemporanei richiede la progettazione di una piattaforma che gestisca efficientemente le risorse di rete e di computazione. Gli standard oggi in uso (MPEG-DASH e HLS) prevedono che lo stesso video sia codificato in diverse *rappresentazioni* o *livelli* caratterizzati da risoluzione e bitrate differenti che formano un insieme discreto denominato *level set* o *adaptation set*. L'architettura di controllo attualmente impiegata prevede che i client decidano autonomamente e dinamicamente il livello video da scaricare e riprodurre in base ad un algoritmo di controllo denominato *Adaptive BitRate* (ABR) che ha l'obiettivo principale di garantire una riproduzione priva di stalli dovuti allo svuotamento completo della coda di riproduzione. Tale approccio, completamente distribuito e non cooperativo, ha il pregio di essere molto semplice da realizzare ma ha lo svantaggio di non poter garantire un livello equo di qualità agli utenti del servizio. Si può infatti dimostrare che, in condizioni

di scarsità di risorse, tale approccio massimizzi la qualità media ottenuta globalmente da tutti gli utenti con la conseguenza che pochi utenti potrebbero ottenere una qualità molto alta a discapito di molti utenti che potrebbero invece fruire il servizio ad una qualità molto scarsa. Per far fronte a questo problema è necessario progettare piani di controllo con l'obiettivo di garantire una allocazione di risorse equa in termini di qualità percepita. Si noti che questo problema è fortemente sentito dai gestori delle reti di distribuzione di contenuti a pagamento come ad esempio Netflix, Disney+, Comcast.

Oggi le reti SDN permettono di controllare in maniera diretta flussi o aggregati di flussi assegnandone i percorsi e la banda in base ad un algoritmo di allocazione. Dunque l'architettura così proposta è costituita da: 1) un algoritmo di controllo centralizzato, il *Video Control Plane (VCP)*, che assegna le risorse di banda della rete di distribuzione e 2) gli algoritmi di controllo ABR che, lato client e in maniera del tutto disaccoppiata dalla componente centralizzata (il VCP), decidono il livello video da scaricare e riprodurre. In tale contesto tecnologico, l'attività di ricerca svolta dall'Ing. De Cicco ha riguardato sia la progettazione di algoritmi di controllo per l'allocazione delle risorse di rete che lo studio di algoritmi di controllo ABR. In seguito si discutono sinteticamente tali contributi.

La progettazione di VCP per l'assegnazione delle risorse parte dall'evidenza secondo la quale a parità di banda assegnata, utenti che visualizzano lo stesso video su dispositivi aventi schermi a risoluzioni diverse percepiscono una qualità differente. Inoltre, a parità di banda assegnata e di dispositivo impiegato, la fruizione di video dai contenuti e dalle caratteristiche differenti (es. video sportivi, film, etc) potrebbe portare a qualità percepite differenti. L'approccio proposto parte dunque dalla definizione di funzioni di utilità che misurano la qualità percepita da un utente in funzione della banda di rete ad esso assegnata quando riproduce un video su uno schermo a una data risoluzione. L'obiettivo dell'algoritmo di allocazione delle risorse è dunque quello di determinare, noto il traffico che insiste sulla rete, i percorsi e la banda ad essi allocati per equalizzare le utilità. E' facile verificare che il problema generale dell'equalizzazione esatta della qualità percepita non scala con l'enorme numero di utenti simultanei che impiegano il servizio di distribuzione. In [FATMM-19],[IFACWC-20] mostriamo che un approccio per rendere computazionalmente trattabile questo problema è quello di formularlo come un *Multi-Commodity Flow Problem (MCFP)*. La soluzione proposta in [FATMM-19],[IFACWC-20] si basa su una tecnica che suddivide le risorse di rete in porzioni o *slice* e assegna ad esse richieste video simili in base a una metrica di similarità dipendente dal contenuto del video. In estrema sintesi, in [FATMM-19],[IFACWC-20] si propone di raggruppare sessioni video simili allo stesso aggregato che prende il nome di *classe di traffico*. Ciò permette di passare dalla formulazione di un problema con un numero di variabili proporzionali al numero delle sessioni video contemporaneamente attive (potenzialmente nell'ordine dei milioni) a problemi con un ridotto numero di variabili dipendente dal numero di classi di traffico scelta.

Le prestazioni della strategia di allocazione delle risorse proposta sono state valutate tramite un simulatore opportunamente progettato in scenari che considerano migliaia di utenti simultanei su reti reali variando sia il carico totale sulla rete sia i parametri di sistema. In [IFACWC-20] è stato considerato il caso multi-path in cui il carico aggregato generato da una classe di traffico sia realizzato mediante un certo numero di percorsi di rete. In [IFACWC-20] è stato dimostrato che esiste un trade-

off tra la qualità media percepita dagli utenti e l'equità: in particolare, nel caso in cui non si impieghi l'algoritmo di allocazione proposto la qualità percepita mediamente è più alta, ma utenti di diverse classi ottengono prestazioni notevolmente differenti. D'altra parte l'algoritmo di allocazione proposto è in grado di mantenere una alta equità riducendo la qualità mediamente percepita dagli utenti in maniera non rilevante. Le attività di ricerca sul controllo delle risorse delle reti di distribuzione per lo streaming video ha anche portato ad una pubblicazione sulla rivista *Ad Hoc Networks* di Elsevier [ADHOC 2019].

Con riferimento al problema della progettazione di algoritmi ABR, nel periodo di riferimento l'Ing. De Cicco ha presentato alla conferenza *ACM MultiMedia Systems 2019* [MMSYS-19] una metodologia denominata «ERUDITE» per tarare dinamicamente i parametri di un generico algoritmo di controllo ABR lo streaming video. E' infatti noto che, a causa della imprevedibile variabilità della banda end-to-end su Internet e della eterogeneità dei contenuti video, non è possibile trovare un set di parametri del controllore ABR che funzioni in maniera ottimale indipendentemente dallo scenario considerato. ERUDITE è basato su una rete neurale profonda che stima continuamente il set di parametri ottimi del controllore. Per l'addestramento della rete neurale è stato costruito un dataset di ground truth contenente i parametri ottimi del controllore determinati sperimentalmente per migliaia di scenari. Un elemento distintivo del sistema proposto è che nella fase di training della rete neurale si considera esplicitamente una misura di robustezza che permette privilegiare parametri più robusti che ottengono una reward più bassa rispetto a parametri con reward più elevata ma caratterizzati da una scarsa robustezza. I parametri ottimi sono stati determinati massimizzando sperimentalmente un funzionale che misura la qualità percepita dall'utente in base a parametri oggettivi facilmente misurabili dall'applicazione in tempo reale (durata e frequenza degli stalli di riproduzione, bitrate medio riprodotto, ampiezza e frequenza di switch di livello). Per la massimizzazione del funzionale è stato impiegato un metodo *model-free* denominato Safe Optimization (Sui *et al.*, *Proc. ICML*, 2015) che esplora efficientemente lo spazio dei parametri sfruttando una tecnica basata sulla regressione dei processi gaussiani.

Distribuzione di video immersivi in modalità VR/AR

Una ulteriore linea di ricerca portata avanti durante il periodo di riferimento ha riguardato la progettazione di sistemi di controllo per lo streaming di contenuti video immersivi in Realtà Virtuale e Realtà Aumentata. Tale tecnologia può essere considerata come l'evoluzione dello streaming video classico. I contenuti immersivi sono video prodotti catturando una scena in tutte le direzioni simultaneamente con un gruppo di videocamere. I video così ottenuti sono manipolati in post produzione in modo tale che la scena 3D sia rappresentata in 2D impiegando una generica proiezione della sfera su un rettangolo (es. proiezione equi rettangolare). Il video così rappresentato viene trasmesso su Internet con le stesse modalità impiegate per i video classici. Quando il video giunge all'utente esso è proiettato nuovamente su una sfera. Ciò permette all'utente di inquadrare dinamicamente una porzione della scena e di navigare liberamente impiegando visori montati sulla testa (Head Mounted Display - HMD). Si noti che il *viewport*, ovvero la porzione della scena inquadrata, ha una risoluzione pari a circa 1/6 di quella dell'intera scena. Risulta evidente che inviare tutta la sfera implica uno spreco di risorse di rete che potrebbero essere invece sfruttate per migliorare la qualità visiva all'interno del viewport. A tale scopo è stato proposto in letteratura l'approccio detto *Viewport Dependent Delivery (VDD)* che prevede che solo una porzione del video, quella che si

suppone cada nel viewport dell'utente, sia codificata ad alta qualità mentre le altre porzioni sono codificate a una qualità più bassa. Ciò permette di diminuire il bitrate del video da trasmettere su Internet.

Nell'approccio da noi proposto in [MMSYS-18], l'architettura di controllo per i sistemi VDD prevede, oltre al livello video, un ulteriore ingresso manipolabile che è la «vista» o *view*. La vista è una rappresentazione della scena 360° nella quale una data porzione della sfera è codificata ad un bitrate più elevato rispetto alla restante parte della sfera. Per ogni video si producono un certo numero di viste centrate ad un certo angolo di imbardata che formano un insieme detto *view set* V . L'architettura di controllo proposta è dunque suddivisa in due componenti: 1) l'ABR controller che impiega il livello video $I(t)$ per far fronte alle variazioni nella banda di rete end-to-end; 2) il *View Switch Controller* (VSC) sceglie dinamicamente la vista $v(t) \in V$ per far fronte ai cambiamenti di inquadratura dovuti allo spostamento della testa dell'utente. In particolare, la vista $v(t)$ viene scelta con l'obiettivo di garantire che la qualità del video nel viewport sia la più alta possibile. In [ITL-2019],[ITL-2020] è stato progettato ed implementato il sistema di controllo che realizza l'architettura di controllo presentata in [MMSYS-18]. In tale sistema si impiega il controllore ABR denominato ELASTIC proposto dall'Ing. De Cicco in [PV13-2] ed un VSC che prende in ingresso la stima della posa dell'utente ottenuta filtrando opportunamente i dati ottenuti dall'IMU. Il sistema progettato è stato implementato in un prototipo reale che è stato utilizzato per valutare le prestazioni al variare dei parametri del sistema di controllo. Inoltre, è stato progettato TAPAS-360, uno strumento che consente la prototipazione rapida di algoritmi di controllo per lo streaming video in formato panoramico. Lo strumento permette di effettuare sperimentazioni accurate in ambienti di rete controllati con un elevato numero di sessioni video concorrenti. TAPAS-360 è stato reso disponibile alla comunità accademica in licenza open-source su GitHub (<https://github.com/c3lab/tapas360>). Una attività di ricerca attualmente in corso riguarda lo studio di algoritmi data-driven basati sulle cosiddette mappe di salienza per la predizione della posizione della testa dell'utente che sarà utilizzata per la progettazione di algoritmi di controllo MPC.

Publicazioni

In seguito si riportano le pubblicazioni prodotte nel periodo di riferimento.

Riviste internazionali

- [ITL-2020] G. Ribezzo, L. De Cicco, V. Palmisano, S. Mascolo, “A DASH 360° Immersive Video Streaming Control System”, *Internet Technology Letters*, Wiley, itl2.175, doi: 10.1002/itl2.175, May, 2020
- [ITL-2019] L. De Cicco, S. Mascolo, V. Palmisano, G. Ribezzo, “Reducing the Network Bandwidth Requirements for 360° Immersive Video Streaming”, *Internet Technology Letters*, Wiley, e118, doi: 10.1002/itl2.118, June, 2019
- [ADHOC 2019] L. De Cicco, V. Palmisano, S. Mascolo, “QoE-driven Resource Allocation for Massive Video Distribution”, *Ad Hoc Networks*, Elsevier, June, 2019
- [ETT 2018] J. Rubio-Hernan, Luca De Cicco, and J. Garcia-Alfaro, “Adaptive Control-Theoretic Detection of Integrity Attacks against Cyber-Physical Industrial Systems”, *Transactions on Emerging Telecommunications Technologies*, Volume29, Issue7, July 2018, e3209, DOI: 10.1002/ett.3209

- [ITL 2018] J. Rubio-Hernan, R. Sahay, L. De Cicco, J. Garcia-Alfaro, “Cyber-physical architecture assisted by programmable networking”, *Internet Technology Letters*, 1 (4), e44, 25 March 2018

Conferenze internazionali con pubblicazione degli atti

- [IFACWC-20] Luca De Cicco, Gioacchino Manfredi, Vittorio Palmisano, Saverio Mascolo, “A Multi-Commodity Flow Problem for Fair Resource Allocation in Multi-Path Video Delivery Networks”, Proc. of IFAC World Congress 2020, Berlin, Germany, July 2020
- [FATMM-19] Luca De Cicco, Gioacchino Manfredi, Saverio Mascolo, and Vittorio Palmisano, “QoE-fair Resource Allocation for DASH Video Delivery Systems”, Proc. of 1st International Workshop on Fairness, Accountability, and Transparency in MultiMedia (FAT/MM '19), Nice, October 25, 2019
- [MMSYS-19] L. De Cicco, G. Cilli, S. Mascolo, “ERUDITE: a Deep Neural Network for Optimal Tuning of Adaptive Video Streaming Controllers”, Proc. of 10th ACM Multimedia Systems Conference (ACM MMSys '19), Amherst, MA, USA, June 18-21, 2019
- [BALK-18] G. Ribezzo, L. De Cicco, V. Palmisano, S. Mascolo, “Reducing Network Bandwidth Requirements for Immersive Video Streaming”, Proc. of Balkancom 2018, Podgorica, Montenegro, June 2018

1.2 Progetti di ricerca

Luca De Cicco ha svolto attività di ricerca con ruoli differenti nei progetti di ricerca elencati in seguito.

- Dal 02/2016 al 02/2019 è stato responsabile scientifico del progetto intitolato "Modellazione e progettazione di algoritmi di controllo per la distribuzione video su Internet (MARCONI)" (Modelling and Design of Control Algorithms for Video Distribution over the Internet), finanziato dalla Regione Puglia attraverso il bando "Future in Research" 2016-2018.
- Dal 03/2019 partecipa al progetto “*FURTHER - Future Rivoluzionarie Tecnologie per Velivoli più elettrici*”, Progetto PON R&I 2014-2020, finanziato dal Ministero dell'Università e della Ricerca, nel WP 3.5 «Embedded Control».
- Dal 2018 partecipa in qualità di leader dell'OR2 intitolato «Studio di algoritmi di controllo per la distribuzione di contenuti video in modalità immersiva» nel progetto “*a Cloud-based platform for Immersive adaptive video Streaming (CLIPS)*”, Programma Operativo “Imprese e competitività 2014-2020, finanziato dal Ministero dello Sviluppo Economico.

1.3 Attività connesse alla ricerca

- Dal 2017 è Associate Editor della rivista *Internet Technology Letters* (Wiley).
- E' stato nominato Technical Program Committee Co-Chair (track ODS) e membro dell'Organizing Committee della conferenza ACM Multimedia Systems 2021, Istanbul, Turkey, June, 2021.
- E' stato Technical Program Committee Chair (track ODS) e membro dell'Organizing Committee della conferenza ACM Multimedia Systems 2020, (Virtual Event), June, 2020.
- E' stato membro del Technical Program Committee delle seguenti conferenze internazionali:
 - International Conference on Availability, Reliability and Security (ARES 2020);

- International Conference on Availability, Reliability and Security (ARES 2019);
- Balkancom (2019);
- MobiApps (2019).
- Ha svolto attività di referaggio per numerose riviste e conferenze internazionali tra le quali si citano: Automatica (Elsevier), International Journal of Control, IEEE Transactions on Networking, Computer Networks (Elsevier), IFAC World Congress 2020, IEEE System Man and Cybernetics 2020.
- E' stato chair di due sessioni della conferenza internazionale ACM Multimedia Systems 2020, (Virtual Event), June, 2020.
- E' stato chair di una sessione della conferenza internazionale ACM Multimedia Systems 2019, Amherst, USA, June, 2019.
- Ha partecipato in qualità di relatore alle seguenti conferenze internazionali:
 - International Workshop on Fairness, Accountability, and Transparency in MultiMedia (FAT/MM '19), Nice, ottobre, 2019;
 - 10th ACM Multimedia Systems Conference (ACM MMSys), Amherst, USA, giugno 2019;
 - 9th ACM Multimedia Systems Conference (ACM MMSys), Amsterdam, Netherlands, giugno 2018.

2 Attività didattiche

Luca De Cicco ha svolto una intensa e continua attività didattica presso le sedi di Bari e di Taranto del Politecnico di Bari nei corsi di laurea in Ingegneria Informatica e dell'Automazione (triennale), Automation Engineering (magistrale), Ingegneria dei Sistemi Medicali (triennale), Ingegneria dei Sistemi Aerospaziali (triennale). Tutta l'attività di docenza è stata condotta nell'ambito degli insegnamenti del S.S.D. ING-INF/04.

2.1 Docenza in Corsi di Laurea Triennali e Magistrali

Nel periodo di riferimento l'Ing. Luca De Cicco è stato docente dei corsi riportati in tabella.

A.A.	Insegnamento	Corso di Laurea	Sem.	CFU
2017-2018	Fondamenti di Automatica (Mod. 2)	Triennale in Ingegneria dei Sistemi Aerospaziali	II	6
2018-2019	Fondamenti di Automatica (Mod. 1)	Triennale in Ingegneria Informatica e dell'Automazione (corso A-L)	I	6
	Fondamenti di Automatica (Mod. 1)	Triennale in Ingegneria dei Sistemi Medicali	I	6
	Embedded Control	Magistrale in Automation Engineering	II	6
2019-2020	Fondamenti di Automatica (Mod. 1)	Triennale in Ingegneria Informatica e dell'Automazione (corso A-L)	I	6
	Fondamenti di Automatica (Mod. 1)	Triennale in Ingegneria dei Sistemi Medicali	I	6
	Embedded Control	Magistrale in Automation Engineering	II	6
	Mobile Robotics	Magistrale in Automation Engineering	II	6

E' importante sottolineare che i due insegnamenti riportati in grassetto nella tabella, «Embedded Control» e «Mobile Robotics», sono stati progettati dall'Ing. De Cicco il quale ha curato la realizzazione del materiale didattico fornito agli studenti e delle lezioni di laboratorio per circa 1.5 CFU per ciascun insegnamento. Entrambi gli insegnamenti sono stati erogati per la prima volta dal Politecnico di Bari nell'A.A. 2018-2019 e nell'A.A. 2019-2020 rispettivamente. Ad oggi L'Ing. Luca De Cicco è quindi l'unico docente al quale sono stati affidati i due corsi di «Embedded Control» e «Mobile Robotics» presso il Politecnico di Bari. E' anche importante rilevare che il carico didattico dell'Ing. De Cicco è salito da 6 CFU nel secondo semestre del 2017-2018, a 12 CFU nel successivo A.A., fino ad arrivare a 18 CFU nell'A.A. in corso. Infine, si noti che l'insegnamento di Fondamenti di Automatica (Mod. 1) erogato in accorpamento ai corsi di Ing. Informatica e Automazione (A-L) e Ing. dei Sistemi Medicali presenta un numero medio di iscritti molto elevato (più di 200 verbalizzazioni all'anno).

2.2 Attività di relatore

Nel periodo di riferimento l'Ing. De Cicco è stato o è attualmente relatore/co-relatore di 15 tesi di laurea. La seguente tabella mostra la suddivisione per corso di laurea di tali tesi di laurea.

Corso di Laurea	N. tesi
Triennale in Ingegneria Informatica e dell'Automazione	10
Triennale in Ingegneria dei Sistemi Aerospaziali	1
Magistrale in Automation Engineering	1
Magistrale in Ingegneria Informatica	3

3 Attività istituzionali

Con riferimento all'attuale posizione da ricercatore a tempo determinato di tipo B, l'Ing. De Cicco ha svolto le attività istituzionali riportate in seguito.

- Da Luglio 2020 è membro del Collegio del *Dottorato di Ricerca Ingegneria Elettrica e dell'Informazione* (XXXVI Ciclo).
- Dal novembre 2018 è stato nominato membro della «Commissione di Riesame» per il Consiglio del Corso di Studi della Laurea Magistrale in Ingegneria dell'Automazione.
- Dal 2018 è membro della «Commissione Terza Missione» del Dipartimento di Ingegneria Elettrica e dell'Informazione.
- Oltre agli insegnamenti per i quali è docente, l'Ing. De Cicco è membro delle commissioni dei seguenti insegnamenti del Politecnico di Bari:
 - «Model Predictive Control» Presidente della Commissione Prof. Saverio Mascolo, Corso di Laurea Magistrale in Automation Engineering;
 - «Control Methods for Computer Networks» Presidente della Commissione Prof. Saverio Mascolo, Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Informatica;
 - «Controlli Automatici» Presidente della Commissione Prof. David Naso, Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Meccanica.