

Forschungsschwerpunkte – Prof. Dr. Giuseppe Caire

Giuseppe Caire hat seine Forschungstätigkeit auf die Überschneidung der Bereiche Informationstheorie, Kanalcodierung und Modulationsverfahren sowie drahtlose Kommunikation konzentriert. Die Informationstheorie bietet einen leistungsfähigen und strengen mathematischen Rahmen, um die grundlegenden Grenzen der Informationsübertragung zu untersuchen. Insbesondere quantifiziert sie präzise den Kompromiss zwischen Datenrate und Verzerrung bei der Darstellung einer Informationsquelle (z. B. Sprache, Audio und Video) in digitalem Format, d. h. als Strom von Bits, und die ultimative Datenrate in Bit pro Sekunde, die über einen Kommunikationskanal erreicht werden kann, sodass die übertragene Nachricht auf der Empfängerseite korrekt decodiert werden kann. Darüber hinaus werden diese Konzepte auf Netzwerke mit mehreren Quellen, Sendern und Empfängern verallgemeinert, einschließlich der Interaktion zwischen ihnen, d. h. der gegenseitigen Interferenz und der Protokoll- und Codierungsstrategien, um diese Interferenz unter Kontrolle zu halten. Durch die Brille der Informationstheorie ist es möglich, die Leistung tatsächlicher Systeme mit solchen ultimativen Grenzen zu vergleichen und herauszufinden, was durch ein besseres Design noch verbessert werden kann.

Giuseppe Caire begann seine Forschungskarriere Mitte der 1990er-Jahre, während der Transformation der drahtlosen Kommunikation von Telefonnetzen (sprachorientiert) zu Datennetzen. Er hat auf verschiedene Weise zur Entwicklung von drahtlosen Kommunikationssystemen beigetragen. Zum Beispiel entwickelte er die erste umfassende informationstheoretische Analyse des kodierten Modulationsschemas, das als BICM (Bit-Interleaved Coded Modulation) bekannt ist. Dieses Schema wurde in praktisch allen modernen drahtlosen Kommunikationsstandards wie IEEE 802.11 (Wi-Fi) und LTE implementiert.

Darüber hinaus hat er einen großen Beitrag im Bereich der Multiuser-Multiantennen-Kommunikation (der sogenannten MIMO) geleistet, indem er das optimale Schema zur Vorcodierung von Informationen von einer Basisstation zu mehreren Nutzern unter Verwendung mehrerer Sendeantennen lieferte. Diese Ideen erfreuen sich großer Beliebtheit und wurden in den letzten Jahren dank der immer höheren Rechenleistung der Basisstationsprozessoren schließlich unter den Bezeichnungen „massive MIMO“ und „Cloud Radio Access Network (C-RAN)“ in die Praxis umgesetzt; sie bilden einen der Grundpfeiler der 5G-Systeme. Ein weiteres bemerkenswert erfolgreiches Forschungsthema, das ursprünglich von Giuseppe

Caire entwickelt wurde, ist das Konzept des Caching in drahtlosen Netzwerken. Der größte Teil des Datenverkehrs in drahtlosen Netzwerken wird durch On-Demand-Medien-Streaming (insbesondere Video) erzeugt, das in der Tat in Videoservern vorgespeichert wird. Während die On-Demand-Natur dieses Datenverkehrs eine einfache gleichzeitige Übertragung (wie beim altmodischen Live-TV) verhindert, ist es durch die Ausnutzung des Speichers in den Benutzergeräten, der eine reichlich vorhandene und relativ billige Netzwerkressource ist, möglich, die individuellen Benutzeranforderungen in einen gemeinsamen multicast-codierten Stream umzuwandeln, sodass eine einzige Übertragung gleichzeitig für eine Vielzahl von Benutzern nützlich ist. Giuseppe Caire gehört zu den Pionieren dieser sehr fruchtbaren Arbeitsrichtung, die an der Schnittstelle von Informationstheorie, Netzwerkcodierung, algebraischer Codierung und Protokolldesign angesiedelt ist. Er erhielt 2019 einen ERC Advanced Grant, um diese Idee weiterzuentwickeln und schließlich skalierbare Codierungsverfahren zu entwerfen, die in der Praxis für große Netzwerke eingesetzt werden können.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Leitlinie der Forschung von Giuseppe Caire immer die Konzentration auf praktisch relevante Probleme war, unterstützt durch einen soliden theoretischen Rahmen, der auf den Prinzipien der Informationstheorie basiert. Seine Forschungen haben zum Teil zu der erstaunlichen Entwicklung von drahtlosen Kommunikationssystemen beigetragen, die sich von einfachen Mobiltelefonnetzen zu der entscheidenden Rolle des „digitalen Klebers“ entwickelt haben, der unsere hochdigitalisierte Welt zusammenhält. Die fundamentale Rolle, die drahtlose Kommunikationsnetzwerke spielen, ist im Jahr 2020, in dem aufgrund der COVID-Pandemie Fernarbeit und Fernlernen eine fundamentale Rolle in unserer Gesellschaft spielten, besonders deutlich geworden.