



European Research Council  
Established by the European Commission

**CWI** CENTRE  
FOR  
WIRELESS  
INNOVATION

# Η ιστορική διαδρομή των τηλεπικοινωνιών: Από το μηδέν στο άπειρο

Δρ. Μιχάλης Ματθαίου, *IEEE Fellow*

Chair Professor of Communications Engineering and Signal Processing

Deputy Director of the Centre for Wireless Innovation (CWI)

Editor-in-Chief of *Elsevier Physical Communication*

ECIT Institute, Queen's University Belfast, United Kingdom

m.matthaiou@qub.ac.uk



**QUEEN'S  
UNIVERSITY  
BELFAST**

**ECIT**

THE INSTITUTE  
OF ELECTRONICS  
COMMUNICATIONS AND  
INFORMATION TECHNOLOGY

Δίκτυο Αργώ Βρυξελλών  
Ιούνιος 2024



# Queen's University Belfast



Established in 1845, 9<sup>th</sup> oldest university in the UK

# Queen's University Belfast

## Quick Stats



QUEEN'S  
UNIVERSITY  
BELFAST

SCHOOL OF  
ELECTRONICS,  
ELECTRICAL  
ENGINEERING AND  
COMPUTER SCIENCE

# Centre for Wireless Innovation

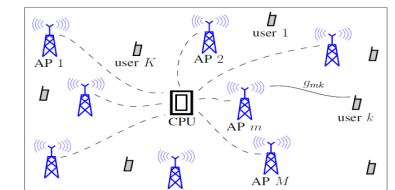
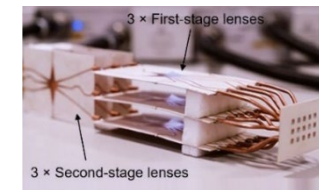
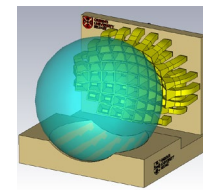
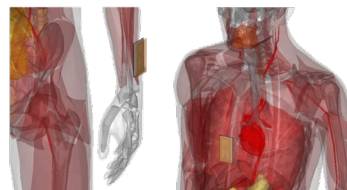
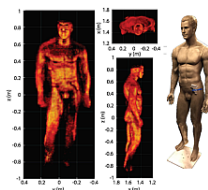
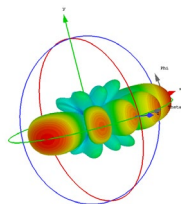
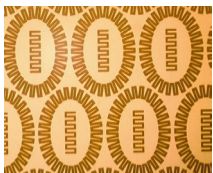
- The **Centre for Wireless Innovation (CWI)** was formed in 2016 through the consolidation of research expertise in High Frequency Electronics and Wireless Communications at QUB.
- CWI is the UK's largest research, development and exploitation base in physical layer wireless, and one of the strongest in Europe (3 IEEE Fellows).
- Ranked 10<sup>th</sup> in the UK in the 2023 Shanghai Ranking's Global Ranking of Academic Subjects for telecoms engineering / wireless communications
- At present, the centre is home to around 75 academics, engineers, postdocs and PhD students.



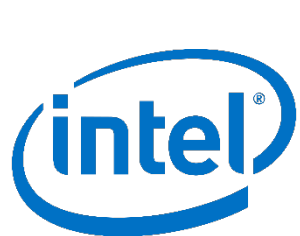


# Centre for Wireless Innovation

- Since its inception, CWI's mission has been to *develop truly disruptive, end-to-end physical layer wireless technologies and techniques that will assist in the creation of a data-driven, hyper-connected society.*
- Working primarily in the RF through to sub-millimeter wave bands, we are creating transformative technologies that will meet the future requirements of users whether it be *coverage, data rate, latency, security, connectivity on a massive scale or wireless imaging and sensing.*



## Centre for Wireless Innovation – Some of Our Collaborators



Homeland  
Security



**NOKIA** Bell Labs

Centre for  
EO Instrumentation



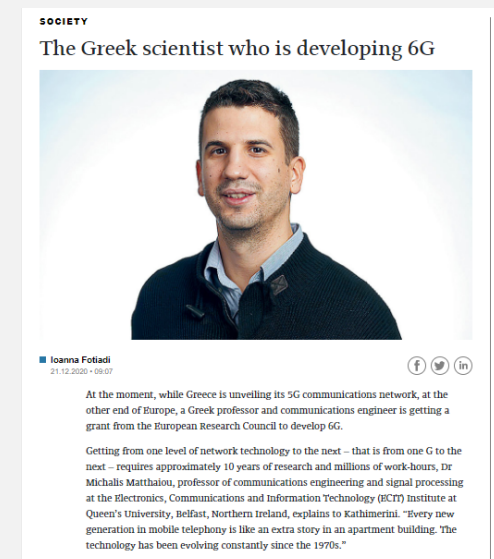


## Προσωπική διαδρομή

- **2008:** Ph.D. from the University of Edinburgh, U.K.
- **2008-2010:** Postdoc position at TU Munich, Germany and University of Wisconsin-Madison, USA
- **2010-2013:** Assistant Professor at Chalmers University of Technology, Sweden
- **2013-present:** Chair Professor of Communications Engineering and Signal Processing (38 years)
- **2020-present:** Deputy Director of the Centre for Wireless Innovation



Top European grant of £1.7m for Queen's researcher to develop new generation of wireless communications



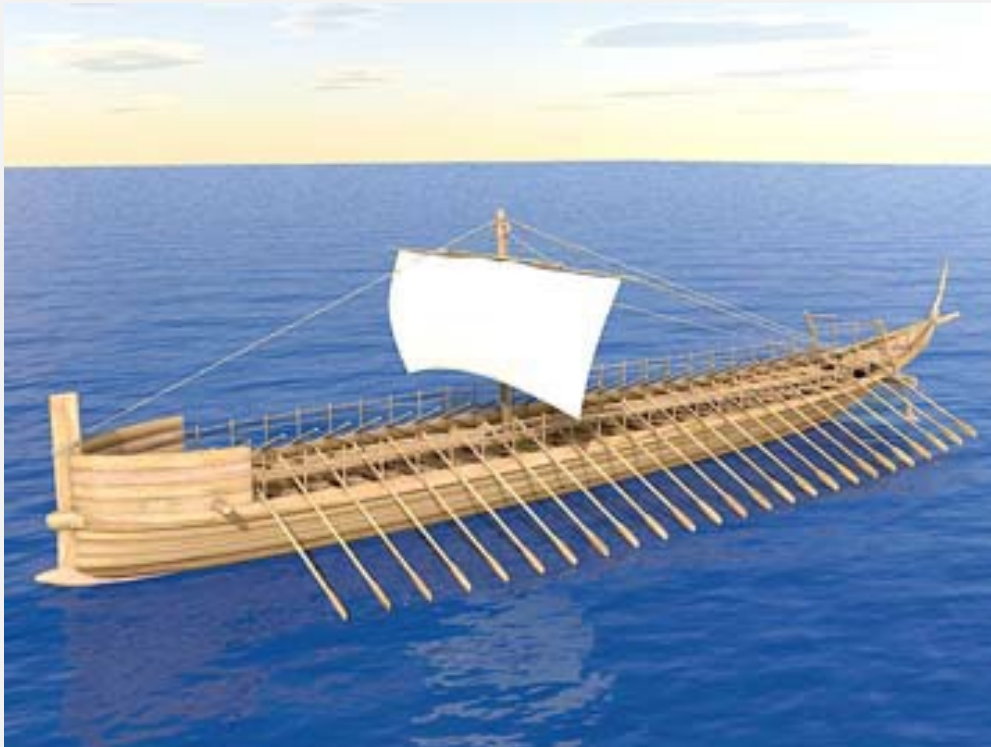
## Προσωπική διαδρομή

*My expertise lies in the intersection of communication theory, electromagnetic theory, signal processing and wireless communication for building the new generation of telecommunication systems (**300 papers**, 140 IEEE journals, 3 best paper awards, 13,500 citations, h-index=53, **£8m/£30m as principal/co investigator**).*

- Beyond 5G/6G-enabling technologies
- Massive MIMO systems
- Machine learning for communications
- Cell-free massive MIMO
- Mm-wave/THz communications
- Intelligent metasurfaces
- Low-latency communications



## Ιστορία των τηλεπικοινωνιών – Αρχαία Ελλάδα

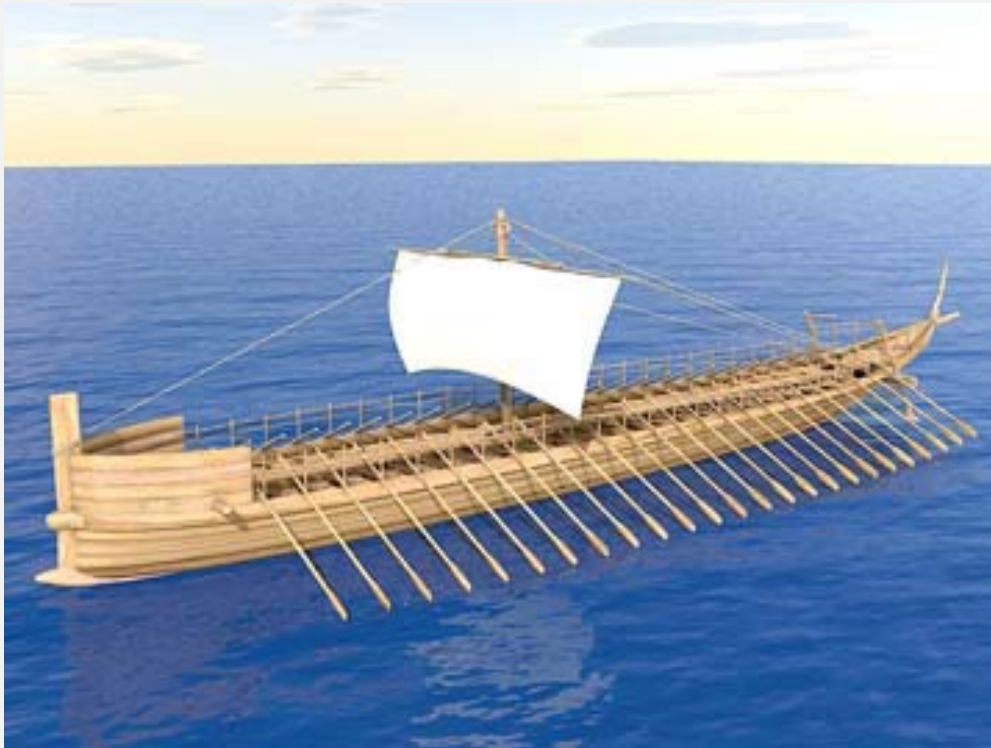


Ο απόπλους της **Αργούς** γίνεται γνωστός από τον Ιάσονα στα γύρω παράλια με έναν πυρσό:

«...Πυρκαϊή δ' εκέλευον 'Ιήσωνα λαμπάδα  
θέσθαι πεύκης αζαλέης υπό δ' έδραμε  
θεσπεσίη φλόξ.....»



## Ιστορία των τηλεπικοινωνιών – Αρχαία Ελλάδα

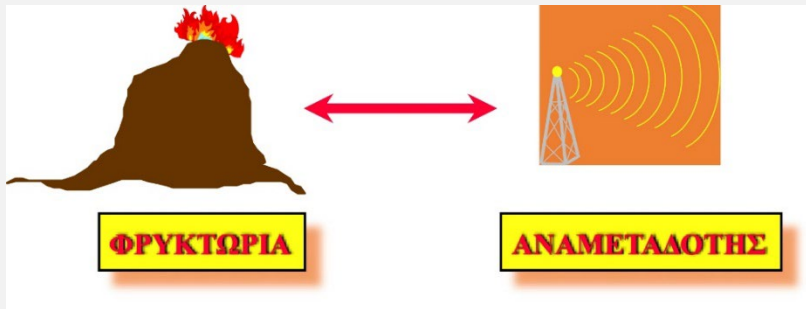


Η περιγραφή της εισόδου των Αργοναυτών στο κάστρο του Αιήτη μοιάζει σαν να είναι αποτέλεσμα της θυσίας που κάνει ο **Ορφέας** στην Αρτέμιδα, εν μέσω φοβερών οπτασιών και οραμάτων που βλέπει, πριν ανοίξει μαγικά (;) η πόρτα του κάστρου.

Αν διαβάσουμε πιο προσεκτικά θα δούμε ότι έγινε επικοινωνία του Ορφέα με κάποιον εντός του κάστρου. Η επικοινωνία έγινε με **φρυκτωρία** και η πόρτα άνοιξε με προδοσία εκ των έσω!

**Φρυκτωρία:** Φρυκτός» = ψημένος, καβουρδισμένος, ο δαυλός ή ο πυρσός που φλέγεται, για να κάνουν σήματα και έτσι να μεταδώσουν τις πληροφορίες-ειδήσεις.

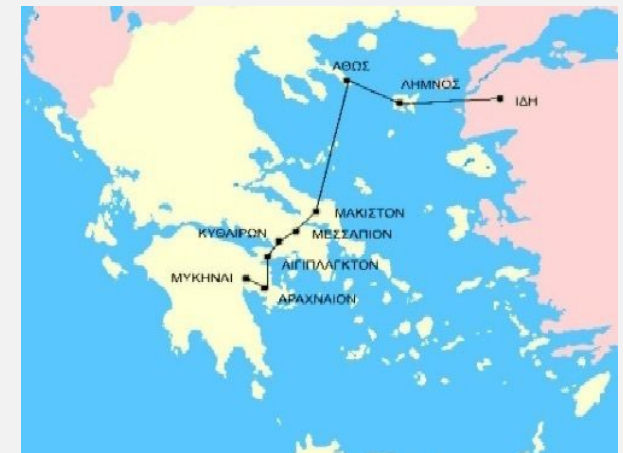
## Οι Φρυκτωρίες στην Αρχαία Ελλάδα



Πύργος στο Δράκαιο Ικαρίας, 3<sup>ος</sup> ή 4<sup>ος</sup> π.χ



Το τέλος του αιματηρού Τρωικού πολέμου μεταδόθηκε σε ένα βράδυ από την **Τροία** στο παλάτι των **Μυκηνών**. Η συγκεκριμένη μετάδοση χαρακτηρίζεται από κάποιους ως η πρώτη αναφορά σε **φρυκτωρία**. Είναι λάθος, βέβαια, αφού είδαμε ότι αιώνες πριν οι Αργοναύτες τις χρησιμοποίησαν κατά την επίθεση τους στην Κολχίδα.



## Ιστορία των τηλεπικοινωνιών – Βυζαντινή περίοδος



**Καμινοβιγλάτορες:** από την κάμινο (που διατηρούσε άσβηστο το «άγγαρον πυρ») και τη βίγλα (παρατηρητήριο).

*Το 532 μ.Χ. η αυτοκράτειρα **Θεοδώρα** με τη χρήση φωτεινών σημάτων ειδοποίησε τον στρατηγό Βελισάριο για να καταστείλει τη στάση του Νίκα.*

*Τα έτη 829-842 μ.Χ. ο **Λέων ο Επίσκοπος Θεσσαλονίκης** βελτίωσε το σύστημα αποστολής πληροφοριών των φρυκτωριών με το «**Ωρονόμιο**», σύστημα συγχρονισμένο με μηχανικά ωρολόγια υποδιαιρεμένα σε αντίστοιχες ώρες και συνδυασμένα με αριθμογραφικό κώδικα των πιο σημαντικών ειδήσεων.*



## Ιστορία των τηλεπικοινωνιών – Βυζαντινή περίοδος



**Καμινοβιγλάτορες:** από την κάμινο (που διατηρούσε άσβηστο το «άγγαρον πυρ») και τη βίγλα (παρατηρητήριο).

*Το σύστημα αυτό διατηρήθηκε για πολλά χρόνια και το έτος **1204** οι Σταυροφόροι δημιουργήσαν μεγάλο δίκτυο «καμινοβιγλατόρων» από την Κωνσταντινούπολη μέχρι τον Τάραντα της Ιταλίας με ενδιάμεσους σταθμούς στη Θράκη – Θεσσαλονίκη- Δυτική Μακεδονία- Ήπειρο- Κέρκυρα – Οθωνού .*

## Ιστορία των τηλεπικοινωνιών – 17<sup>ος</sup> αιώνας



**Τηλεσκόπιο:** όργανο σχεδιασμένο για την παρατήρηση μακρινών αντικειμένων μέσω της συλλογής ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας

*Χανς Λιπερσέι και Ζακαρίας Γιάνσεν (1608)*  
*Γαλιλαίος (1609, αστρονομικούς σκοπούς)*  
*Νεύτωνα (1668, πρώτο κατοπτρικό τηλεσκόπιο)*

# Ιστορία των τηλεπικοινωνιών – 19<sup>ος</sup> / 20<sup>ος</sup> αιώνας



**1844 Τηλέγραφος (Morse)**

**1876 Τηλέφωνο (Bell)**



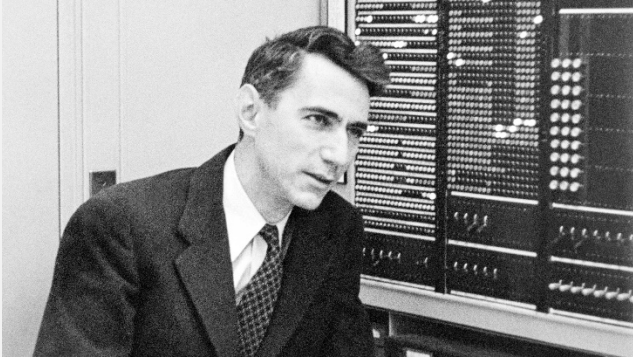
**1897 Ασύρματος Τηλέγραφος (Marconi)**

**1918 Δέκτης AM (Armstrong)**

**1928 Τηλεόραση (Farnsworth)**



# Ιστορία των τηλεπικοινωνιών – Σύγχρονη Ιστορία



**1933 Δέκτης FM (Armstrong)**

**1942 CDMA**

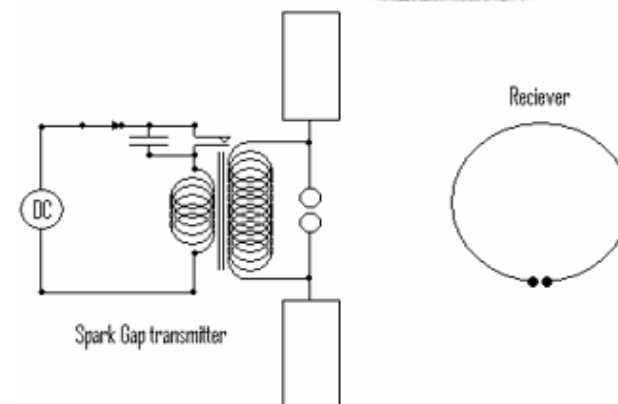
**1948 Θεωρία Πληροφοριών (Shannon)**

**1950 Digital Long Distance Telephone (Bell Labs)**

# Ιστορία των τηλεπικοινωνιών – Σημαντικές μορφές

## Heinrich Rudolf Hertz

- Ανακάλυψε τη διπολική κεραία, το 1886
- Επιβεβαίωσε την ύπαρξη ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων (που είχαν προβλεφθεί από τους Maxwell και Faraday)
- “I do not think that the wireless waves I have discovered will have any practical application [...] you can't even see them”



## Ιστορία των τηλεπικοινωνιών – Σημαντικές μορφές



**Guglielmo Marconi**

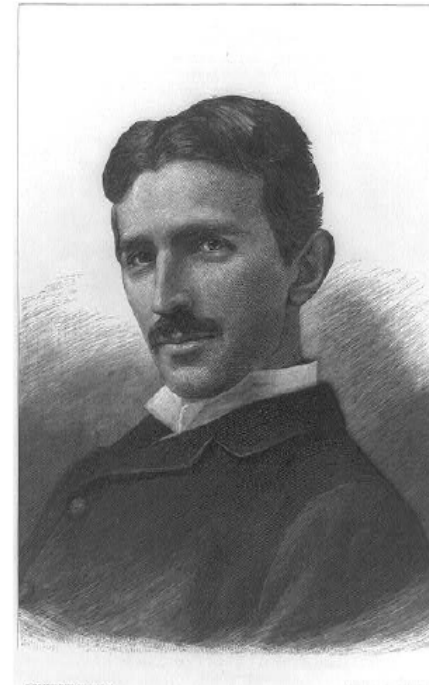
- Ασύρματη επικοινωνία Αγγλίας-Γαλλίας, 1899
- Έστειλε το πρώτο υπερατλαντικό σήμα το 1901
- Ίδρυσε εταιρεία υπερατλαντικού ασύρματου τηλέγραφου το 1903
- Βραβείο Nobel Φυσικής το 1909
- Μέλος του Ιταλικού Φασιστικού Κόμματος και Συμβουλίου



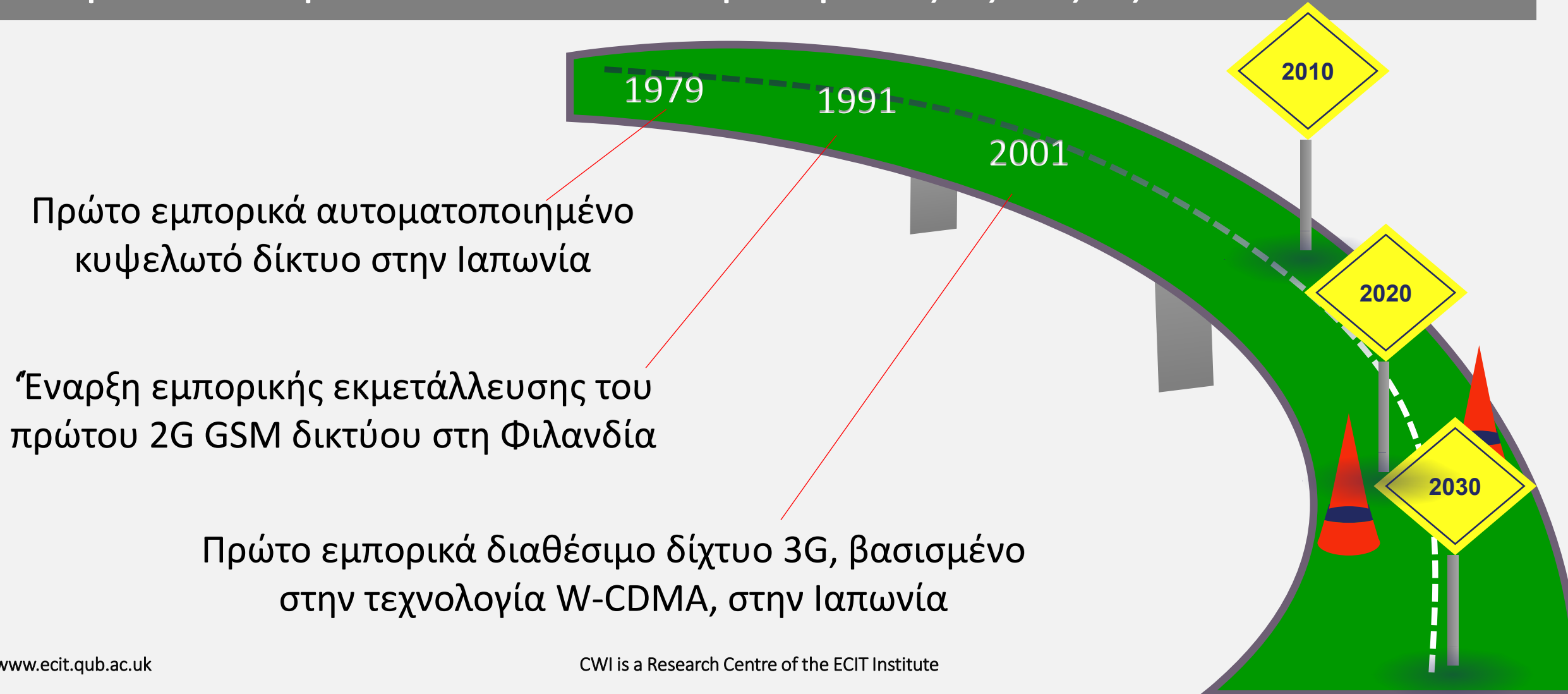
# Ιστορία των τηλεπικοινωνιών – Σημαντικές μορφές

## Nikola Tesla

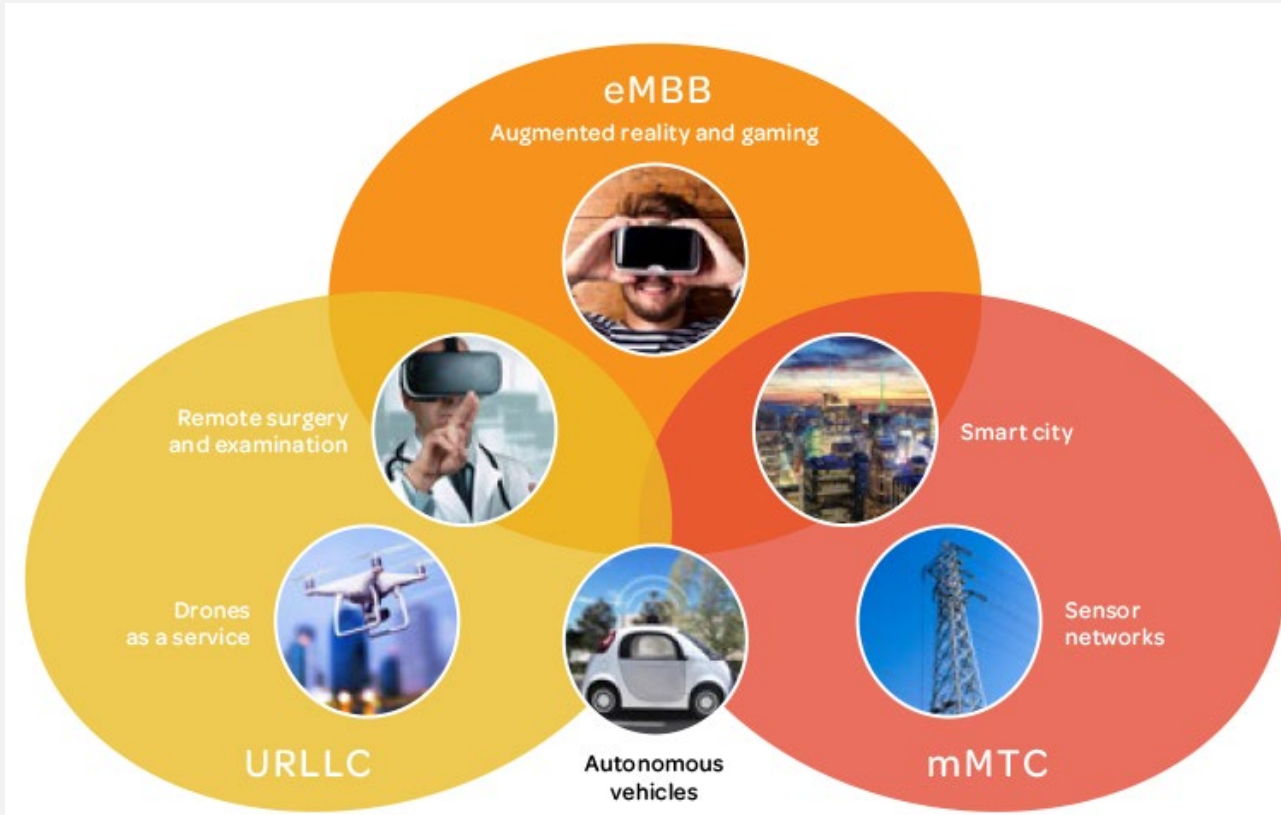
- Κατασκεύασε τις πρώτες πρακτικές μηχανές εναλλασόμενου ρεύματος
- Κατασκεύασε το πρώτο ασύρματο σύστημα επικοινωνίας, το 1893
  - Σήματα Morse, ακτίνα 80 km το 1895
- Έλαβε το πρώτο *αμερικάνικο* δίπλωμα ευρεσιτεχνίας, το 1898
- Κατασκεύασε μια τηλεκατευθυνόμενη βάρκα, το 1898
- Έχασε το δίπλωμα ευρεσιτεχνίας από τον Marconi, το 1904



# Ιστορία των τηλεπικοινωνιών – Πρόσφατες εξελίξεις



# Γιατί είναι το 5G σημαντικό;



ultra-reliable, low-latency  
communications

massive machine-type-  
communications

| Requirement Type              | KPIs                                  |
|-------------------------------|---------------------------------------|
| Peak data rate                | Downlink: 20Gbps<br>Uplink: 10 Gbps   |
| Data rate experienced by user | Downlink: 100 Mbps<br>Uplink: 50 Mbps |
| Latency – URLLC               | <1msec                                |
| Reliability                   | 99,999%                               |

Γιατί είναι το 5G σημαντικό;

## Συνεισφορά του 5G στο βρετανικό ΑΕΠ μέχρι το 2030

Ευρυζωνικές επικοινωνίες:  
+1.45%

Αυτοματοποίηση: +4.23%



Γιατί είναι το 5G σημαντικό;

**Συνεισφορά του 5G στο  
βρετανικό ΑΕΠ μέχρι το 2030**

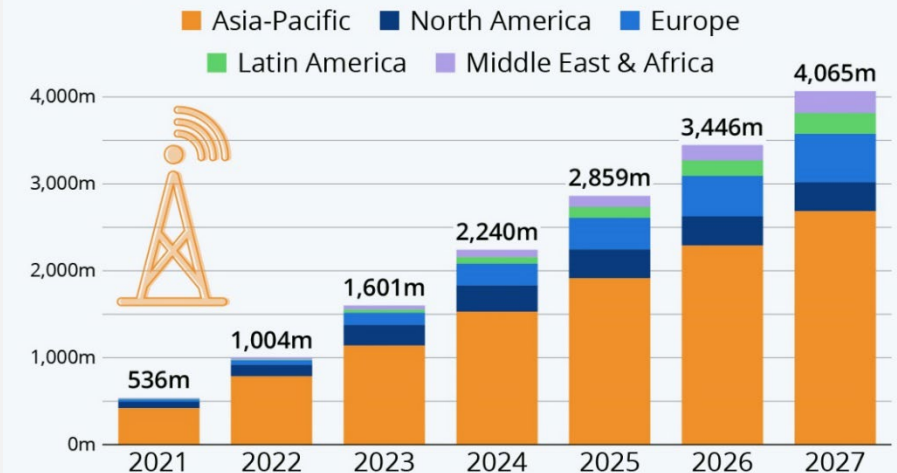
Ευρυζωνικές επικοινωνίες:  
+1.45%

Αυτοματοποίηση: +4.23%

Πηγή: DCSM

### Global 5G Adoption to Hit One Billion in 2022

Forecast of 5G smartphone subscriptions,  
by region



Forecast as of June 2022

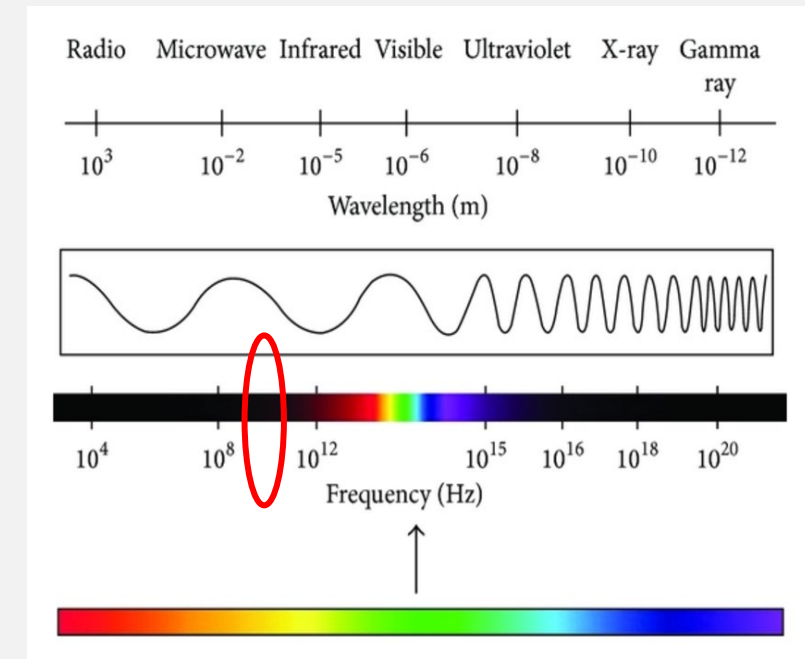
Source: Ericsson Mobility Report



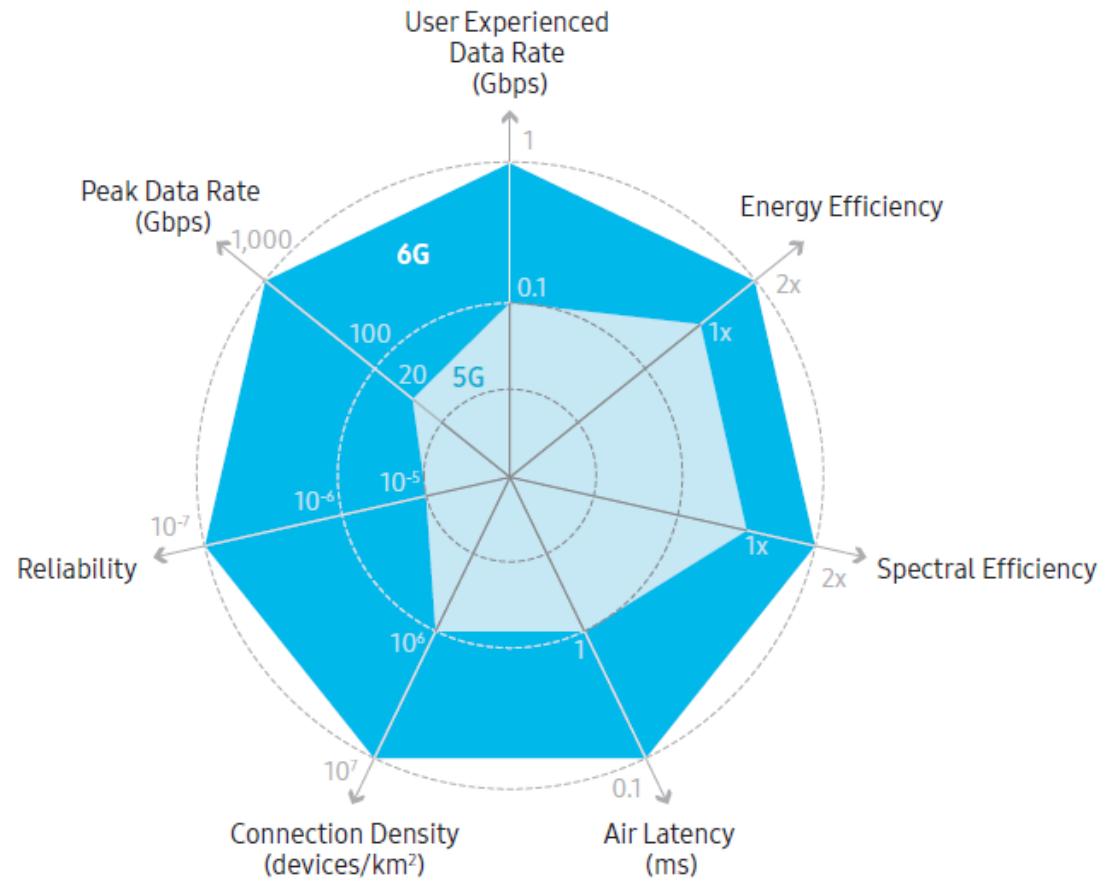
statista

## Οι προκλήσεις που αντιμετωπίζει το 5G

- Μεταφορά στις υψηλότερες συχνότητες (**28GHz και άνω**) είναι αργή και ακριβή διαδικασία. Οι υπάρχουσες εκδόσεις του 5G χρησιμοποιούν τις συχνοτικές μπάντες κάτω από τα **6GHz**.
- Οι πολυαναμενόμενες έξυπνες εφαρμογές των **Internet-of-Everything** παραμένουν στη σφαίρα της φαντασίας.
- Η συ-σχεδίαση **επικοινωνιών, ελέγχου και υπολογιστικής μηχανικής** δεν έχει προσελκύει σημαντικά το ερευνητικό ενδιαφέρον.



# Η διαδρομή από το 5G στο 6G



| Requirement Type              | KPIs            |
|-------------------------------|-----------------|
| Peak data rate                | Downlink: 1Tbps |
| Data rate experienced by user | Downlink: 1Gbps |
| Latency – URLLC               | <0.1msec        |
| Reliability                   | 99,99999%       |

# Η διαδρομή από το 5G στο 6G

|                                                             | Human                     | Machine                           |
|-------------------------------------------------------------|---------------------------|-----------------------------------|
| Maximum Resolution<br>(Smartphone display 290 ppi at 30 cm) | 1/150°                    | <b>Exceeds Human Limitations!</b> |
| Latency Perception                                          | <100ms                    |                                   |
| Audible Frequency                                           | 250 - 20,000Hz            |                                   |
| Visible Wavelength                                          | 280-780 nm                |                                   |
| Viewing Angle                                               | Azimuth 200°, Zenith 130° |                                   |



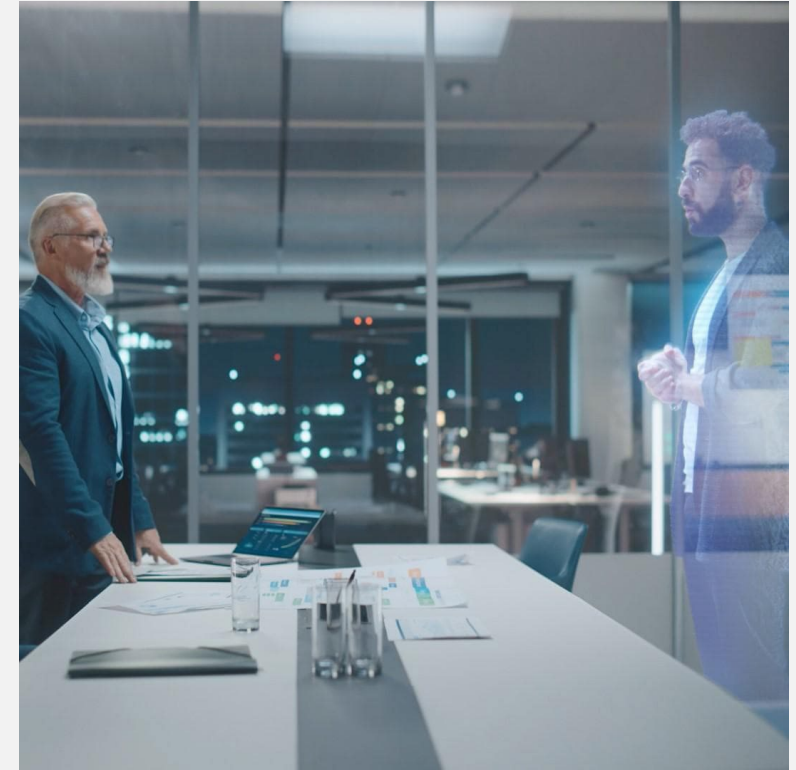
## Οι εφαρμογές του 6G



**XR-enabled workforces**



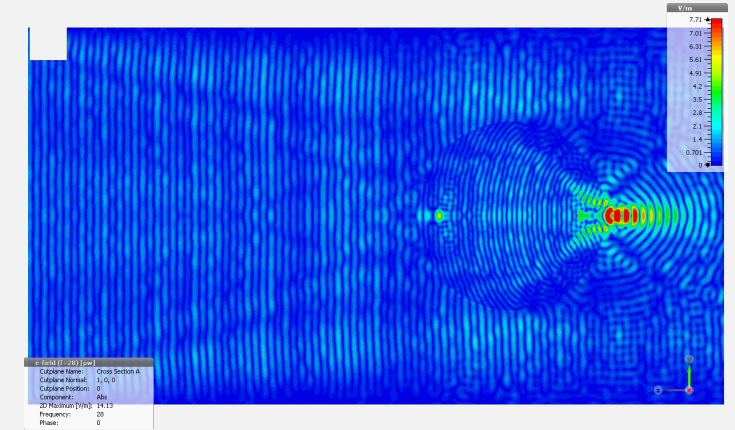
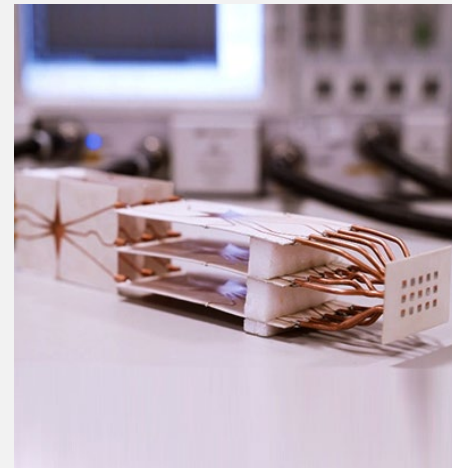
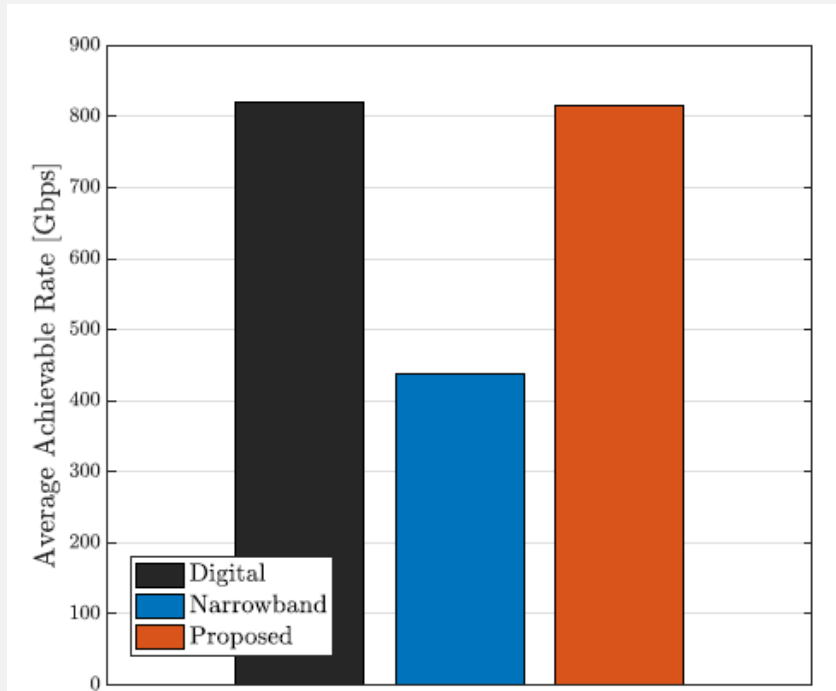
**Immersive gaming**



**Remote office/ infinite  
workspaces**

# Οι τεχνολογικοί πυλώνες του 6G

## Συχνότητες THz



**Best innovation in Mobile World  
Congress Challenge in 2019**

# Οι τεχνολογικοί πυλώνες του 6G

**Base station tower**



**Rooftops**



# Οι τεχνολογικοί πυλώνες του 6G

**Base station tower**

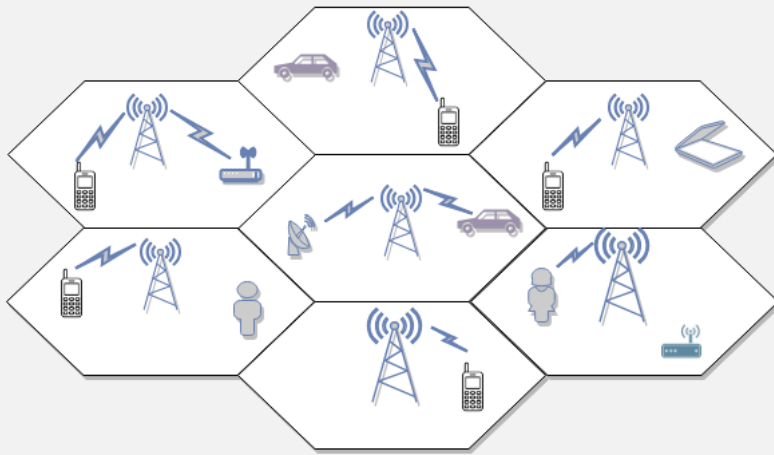


**Rooftops**

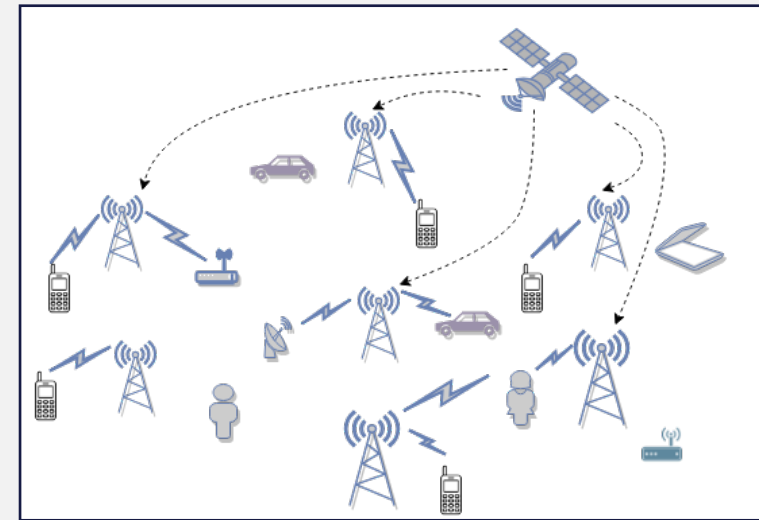




## Οι τεχνολογικοί πυλώνες του 6G



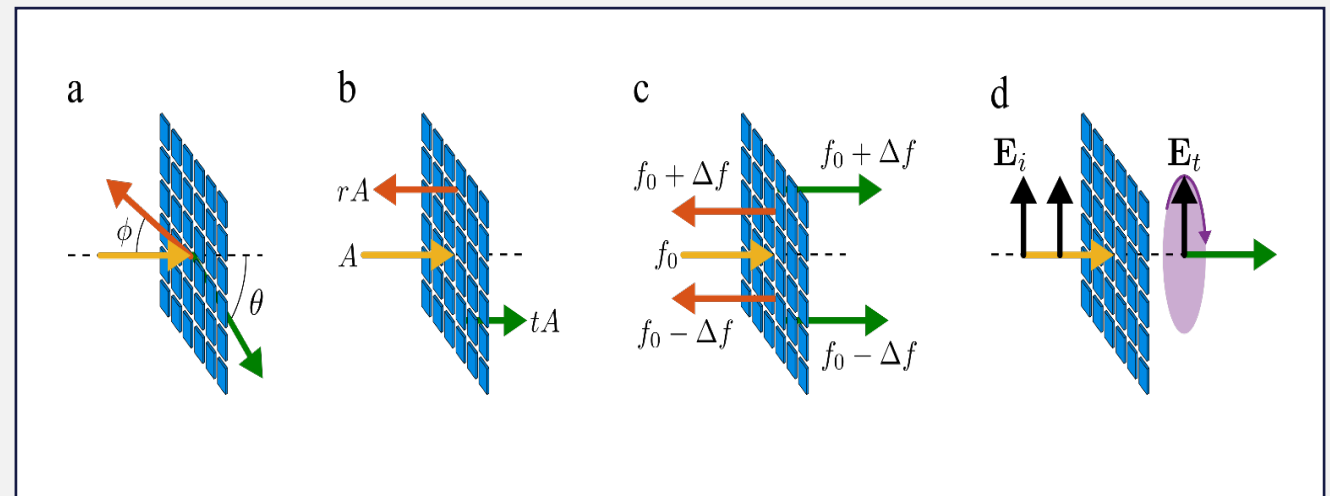
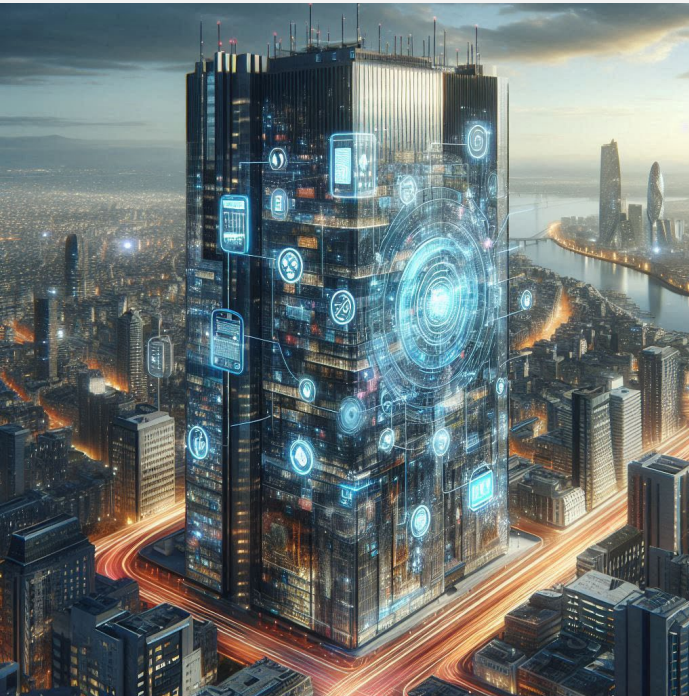
Τυπικό κυψελωτό δίκτυο  
(cellular network)



Μελλοντικό δίκτυο χωρίς κυψέλες  
(cell-free network)

# Οι τεχνολογικοί πυλώνες του 6G

## Έξυπνες αναδιαμορφώσιμες μεταεπιφάνειες



# Οι τεχνολογικοί πυλώνες του 6G

## Κυβερνοασφάλεια

37% των παγκόσμιων οργανισμών ανέφεραν ότι υπήρξαν θύματα κυβερνοεπίθεσης μέσα στο 2021.  
(source IDC's "2021 Ransomware Study").



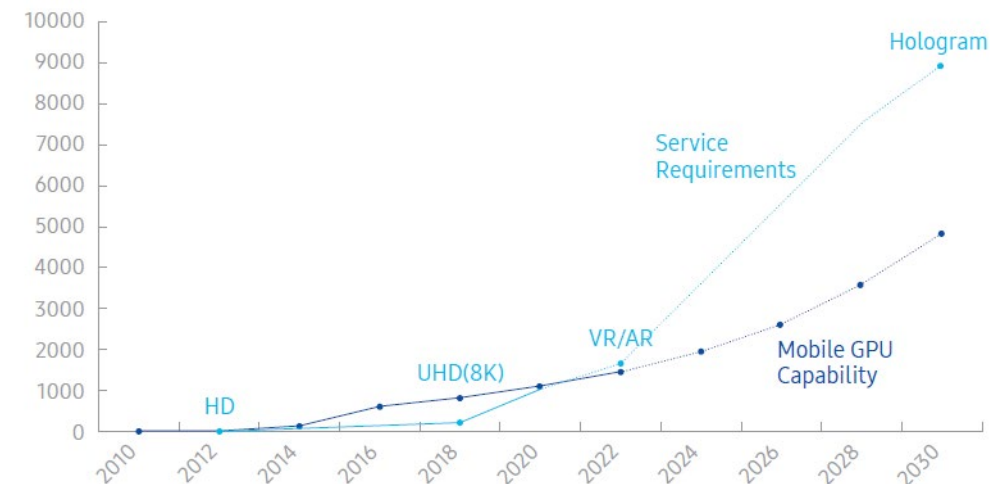
# Οι τεχνολογικοί πυλώνες του 6G

## Υπολογιστική ισχύς

Η αύξηση της υπολογιστικής ισχύς δεν ακολουθεί την αύξηση των υπολογιστικών αναγκών

(source: 6G The Next Hyper-Connected Experience for All, Samsung Whitepaper, 2021)

Computing Capability Trend (Gigaflops/sec)

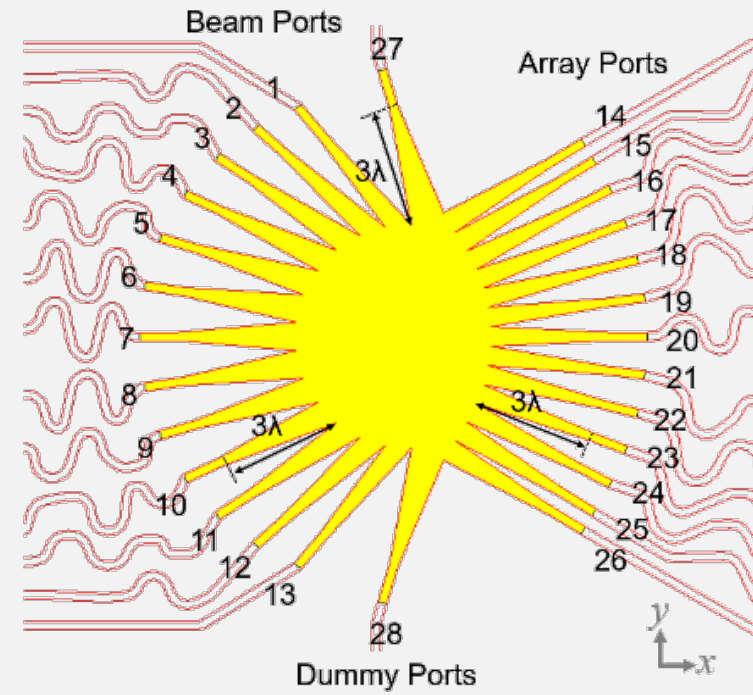




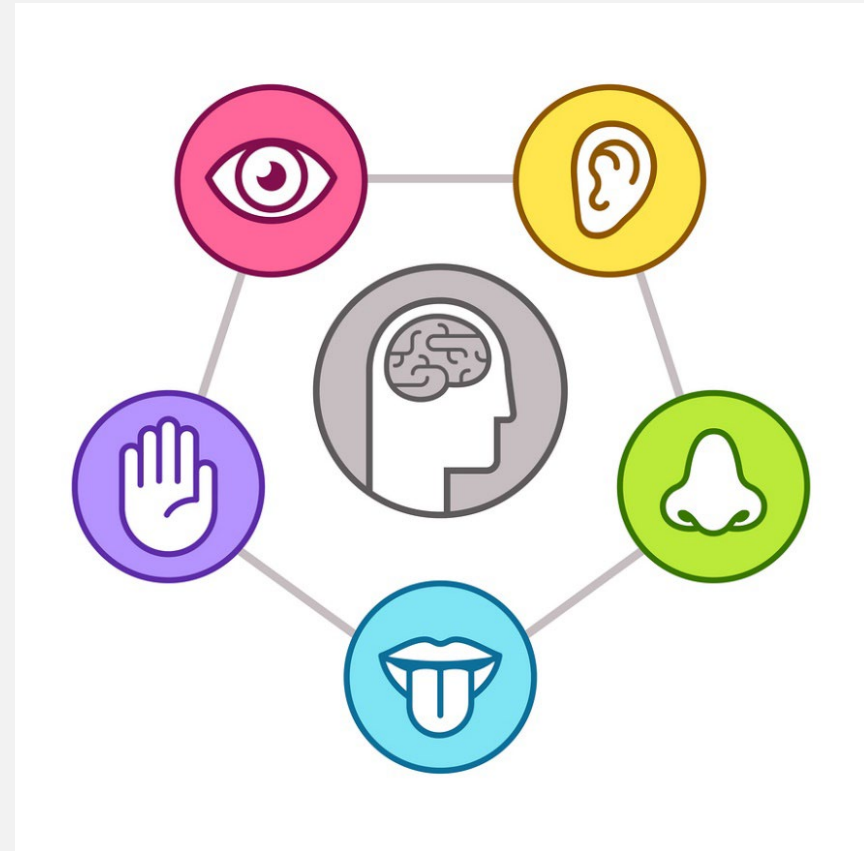
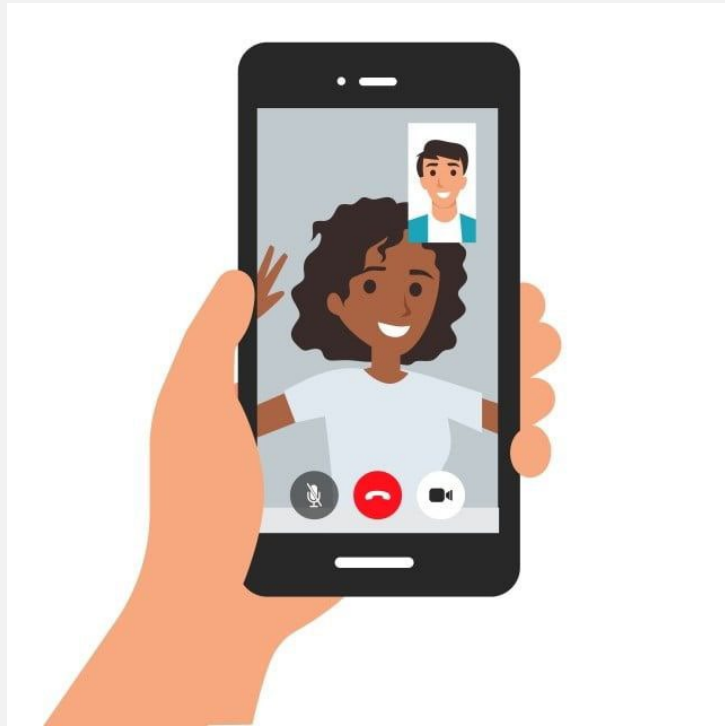
# Οι τεχνολογικοί πυλώνες του 6G

## Υλικά και συσκευές

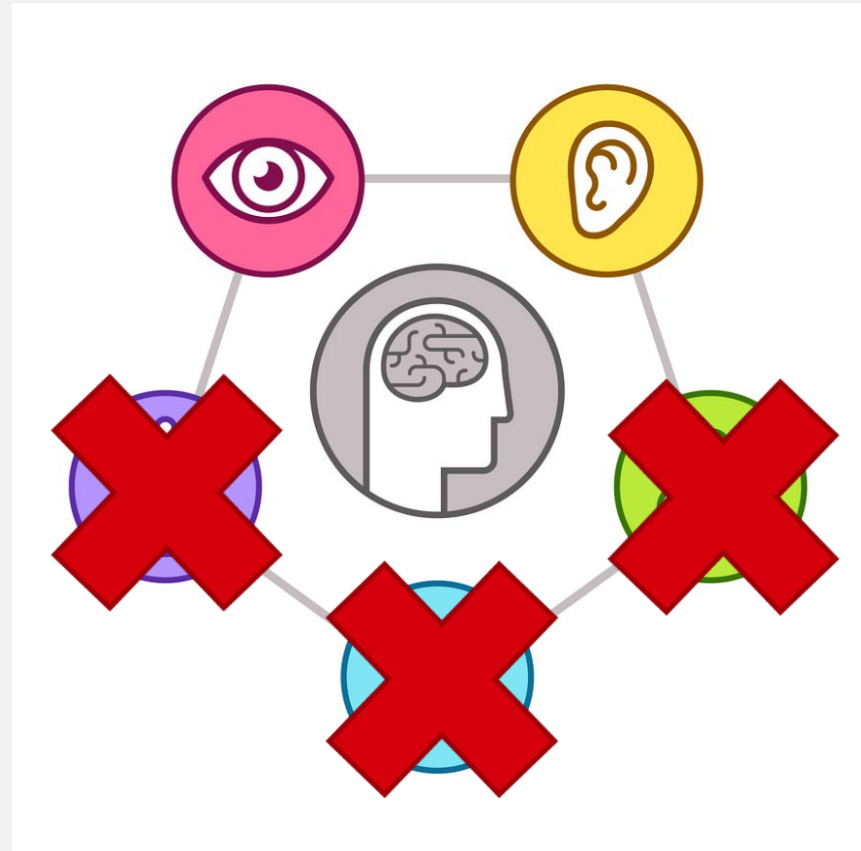
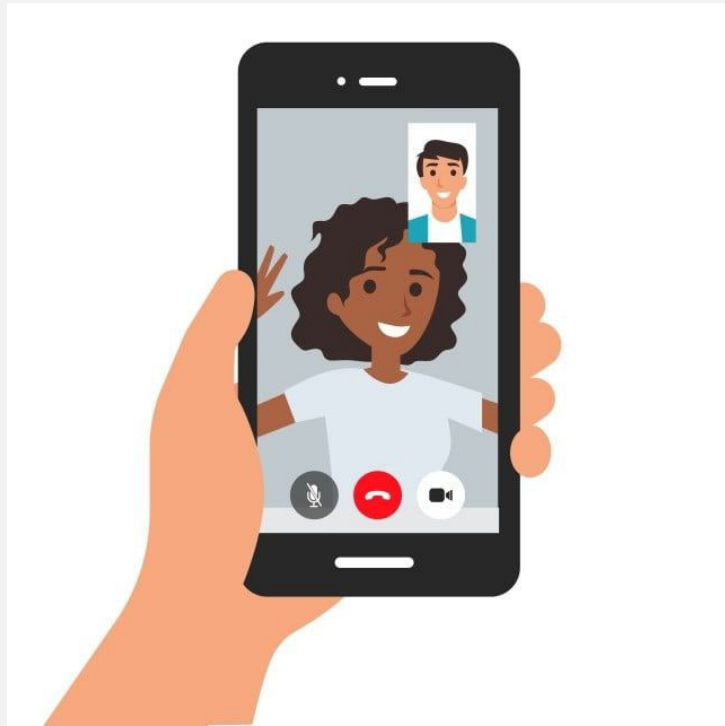
Στις υψηλές συχνότητες (THz), νέες αρχιτεκτονικές στοιχειοκεραιών, ενισχυτές και πομποδέκτες πρέπει να σχεδιαστούν με προσιτό **κόστος** και χαμηλή **πολυπλοκότητα**.



## Μια ουτοπική εφαρμογή του 6G....



## Μια ουτοπική εφαρμογή του 6G....



## Μια ουτοπική εφαρμογή του 6G....



### Αισθήσεις περιβάλλοντος

- Αέρας
- Θερμοκρασία
- Υγρασία
- Μυρωδιές



# Τηλεπικοινωνίες και γεωπολιτική



▼ DJIA Futures **38730.00** -0.33% ▼ S&P 500 Futures **5343.00** -0.24% ▼ Nasdaq Futures **18999.50** -0.20% ▼ Stoxx 600 **518.95** < >

## THE WALL STREET JOURNAL.

English Edition | Print Edition | Video | Audio | Latest Headlines | More

Latest World **Business** U.S. Politics Economy Tech Finance Opinion Arts & Culture Lifestyle Real Estate Personal Finance Health Style Sports

**BUSINESS | ASIA**

### Meng Wanzhou, Huawei CFO and Founder's Daughter, Has Been Face of Secretive Company

Ms. Meng's high profile raises the stakes for U.S.-China relations

By [Dan Strumpf](#) [Follow](#) and [Natasha Khan](#) [Follow](#)

Updated Dec. 6, 2018 7:01 am ET

☰ MENU **EUROPE** ▼ **POLITICO** LOGIN POLITICO PRO

🏠 Home 📰 Latest news 🗳️ EU election results 🇬🇧 UK general election ⚔️ War in Ukraine 🇵🇸 Israel-Hamas war 📧 Newsletters 🎧 Podcasts 📊 Poll of Polls 📰 Policy news 📅 Events

**NEWS > TECHNOLOGY**

### The plan to replace Huawei gains steam

'Open' 5G network reach tipping point as industry heads to Barcelona for the world's biggest telco fest.

# Τηλεπικοινωνίες και πολεμικές συρράξεις



Michalis Matthaiou IEEE Xplore Search... Michail (Michalis) M... TCOM manuscript c... Editorial Manager® Youtube.com SP Magazine

## Elon Musk's Starlink helping Ukraine to win the drone war

The advanced satellite system keeps the army connected despite power outages and helps forces to target Russian tanks and positions

Nick Allen *and* James Titcomb  
18 March 2022 • 8:36pm

Related Topics  
Russia-Ukraine war, Elon Musk, Drones (aircraft), Internet, Roscosmos

155



**THE  
FUTURE IS**

Email me on  
[m.matthaiou@qub.ac.uk](mailto:m.matthaiou@qub.ac.uk)

**Bright**