

Pourquoi la 6G est indispensable

Photis Stavrou travaille depuis de nombreuses années dans le domaine des réseaux de communication. À EURECOM, il dirige un projet de recherche sur la 6G, la prochaine génération de système. Quels sont les principaux enjeux liés à ce changement de génération ? Quelle est la valeur ajoutée pour l'utilisateur final ? À une époque où le scepticisme grandit face aux progrès technologiques constants (quoi faire et pour qui ?), des explications simples sont bienvenues.

par Photis Stavrou



Professeur Photis Stavrou © DR



Pour la plupart des gens, les mises à niveau des systèmes de communication sont faites pour des questions d'efficacité - plus de vitesse, plus d'efficacité - ce qui reste une vision très limitée. Que pouvez-vous nous dire à propos de la 6G et finalement quels besoins cette technologie comble-t-elle ?

L'histoire des systèmes de communication est indissociable de l'évolution des besoins du monde. Au début, nous ne disposions que de systèmes analogiques. Il s'agissait des premiers réseaux téléphoniques et ils ne pouvaient transporter que la voix. Mais à l'époque, leur valeur ajoutée résidait dans le fait qu'ils pouvaient le faire sur de longues distances, ce qui était suffisant pour permettre aux gens de rester en contact. Plus tard, les technologies numériques ont fait leur apparition et ont permis non seulement de parler, mais aussi d'envoyer et de recevoir des messages et des données. C'étaient les débuts des SMS et des e-mails. C'était l'époque pionnière d'internet.

Aujourd'hui, nous vivons à l'ère de la connectivité massive. Les réseaux de communication ne servent plus seulement à téléphoner ou à envoyer des e-mails, ils prennent en charge une multitude d'autres tâches. Chaque fois que nous regardons une vidéo en streaming ou que jouons à des jeux en ligne avec d'autres personnes, nous utilisons des systèmes de communication. Ils sont omniprésents dans notre vie quotidienne. Ils servent à coordonner les feux de circulation, et les infrastructures intelligentes ont appris à s'adapter aux embouteillages. Ils sont utilisés

dans le domaine de la santé pour connecter des capteurs, et des systèmes d'alerte précoce ont été mis en place pour réagir rapidement en cas de détérioration de l'état d'un patient. Les réseaux énergétiques intelligents équilibrent la consommation d'électricité et des milliards d'appareils interagissent en permanence et simultanément.

Quand on y pense, c'est assez impressionnant. Mais comme tout, cela a un coût. Nous transférons plus de données aujourd'hui que jamais auparavant dans l'histoire et nous transmettons beaucoup de données inutiles. Or tous ces flux consomment d'énormes quantités d'énergie. Si l'on veut utiliser une image, c'est un peu comme si nos réseaux de communication étaient des autoroutes, mais des autoroutes encombrées de camions, dont la plupart transportent des chargements à moitié vides.

Je me suis alors demandé : et si le prochain grand bond en avant n'était pas de concevoir des autoroutes plus rapides, mais surtout des modes de livraison plus intelligents ? Et c'est là qu'intervient la communication axée sur l'importance. Au lieu d'envoyer toutes les données possibles, la nouvelle génération de systèmes de communication devra déterminer quelles informations sont réellement importantes à transmettre. En télémedecine par exemple, l'envoi d'un scan corporel complet en haute résolution sur le réseau peut nécessiter une bande passante énorme. Pourtant souvent le médecin n'a besoin que d'une petite partie du scan, à savoir la zone présentant l'anomalie. Votre réfrigérateur intelligent est un autre exemple. Aujourd'hui, il peut envoyer des mises à jour régulières

Why 6G must happen

Photis Stavrou has been working on communication networks for many years. At EURECOM, he leads a research project on 6G, the upcoming generation of networks. What are the main stakes related to such an upgrade? What is the added value for the end user? At a time of rising skepticism with regard to constant technological boosts (for what and for whom?), basic explanations are welcome.

For most people, upgrades in communication systems mean more speed and more efficiency, it is a very limited view. What can you tell us about 6G? What gaps and needs does this technology bridge?

The history of communication systems cannot be disentangled from how needs have evolved at the global level. In the beginning, we only had analog systems. These were the first telephone networks; they were only able to carry voice, but at the time, the added value was that they could do so over long distances, which was sufficient for people to keep in touch. Later, digital technologies entered the scene and allowed not just speech but also the sending and receiving of messages and data. These were the early years of text messaging and emails. We were in the time of the pioneering internet.

Today, we live in an era of massive connectivity. Communication networks are not just used to phone or email; they support a diversity of other tasks. Each time we stream video or play games with others online, we use communication systems. They are spread in daily life. They are used to coordinate traffic signals, and smart infrastructure has learnt to adjust to congestion. They are used in healthcare to connect sensors, and early warning systems have been set in place to react quickly should a patient's condition deteriorate. Smart energy grids balance power use, and billions of devices interact continuously and simultaneously.

sur les fluctuations de température à votre téléphone, mais demain, avec la 6G, il enverra un message qui vous intéresse vraiment : « Le lait va expirer demain. » Cela permettra d'économiser de l'énergie, d'éviter un trafic inutile et, surtout, de fournir des informations qui vous intéressent. La question de fond toutefois reste... mais pourquoi diable acheter un frigo intelligent ???

Il est important de comprendre que la technologie 6G ne va pas se réduire à des téléchargements plus rapides. C'est un tout nouveau système de communication qui a vocation à réduire le gaspillage d'énergie tout en restant pleinement aligné sur les objectifs humains.

Les arguments liés à l'efficacité énergétique et aux économies de coût sont souvent avancés pour justifier les mises à niveau techniques des systèmes numériques. Mais comment surveiller concrètement ces aspects ? Comment mesurer la durabilité d'un système de communication ?

Il n'existe pas de réponse simple à cette question. Nous, les ingénieurs, utilisons généralement des indicateurs clés de performance (KPI) comme tableau de bord. Dans les réseaux de communication, les KPI sont principalement techniques. Ils peuvent inclure le débit qui mesure le nombre de bits de données transmis par seconde. Nous mesurons la latence pour voir à quelle vitesse les informations circulent dans le système. Nous mesurons également la fiabilité pour évaluer la fréquence à laquelle les messages arrivent à destination sans erreur. Ces indicateurs sont utiles, mais dans le monde actuel, ils ne permettent pas d'avoir une vue d'ensemble, et c'est la raison pour laquelle notre tableau de bord doit changer et s'enrichir de nouveaux indicateurs de suivi. Dans le cadre de mon travail, j'en ai intégré de nouveaux : la durabilité, l'équité, l'inclusion, l'interprétabilité et l'explicabilité.

Il est important d'inclure ces nouveaux indicateurs clés de performance dans la conception et le développement de la prochaine génération des systèmes de communication, ne serait-ce que parce que si nous ne le faisons pas, nous risquons d'oublier des éléments essentiels lors du suivi de leur coût socio-économique et environnemental. Prenons l'exemple de la durabilité. Peu de gens réalisent que chaque recherche effectuée avec votre navigateur, chaque flux vidéo ou chaque appel en ligne consomme une quantité importante d'électricité et d'eau pour permettre aux centres de données et aux réseaux de communication de transporter les données, et que plus la demande augmente, plus l'empreinte carbone augmente. En éliminant les redondances, les systèmes qui s'axent sur les données "importantes" contribuent à réduire les coûts énergétiques. Au lieu de diffuser chaque pixel d'un appel vidéo, seules les parties de l'image qui changent réellement seront diffusées. À plus grande échelle, cette pratique pourrait permettre de réaliser des économies d'énergie conséquentes tout en transformant enfin les réseaux de communication en entités frugales.

Prenons maintenant l'exemple de l'équité et de l'inclusion. Des milliards de personnes ne

disposent pas d'une connexion Internet haut débit ou du dernier smartphone. Alors si les réseaux de communication sont uniquement conçus pour ceux qui possèdent les meilleurs appareils, le risque est d'aggraver les inégalités. Une meilleure approche consiste donc plutôt à concevoir des réseaux qui peuvent fonctionner en mode dégradé. Si la connexion est faible, si le téléphone est ancien, l'utilisateur doit continuer à recevoir les informations importantes. Imaginez un agriculteur dans une zone rurale qui ne dispose que d'un téléphone basique. Un court message sur la météo du lendemain ou le prix des récoltes peut changer sa vie. Cela ne nécessite pas de technologie mobile sophistiquée.

Il est tout aussi important de prendre en compte le couple interprétabilité-explicabilité. Ces deux termes sont souvent utilisés de manière interchangeable mais ils ne sont pas exactement synonymes. L'interprétabilité signifie que le système de communication prend des décisions qui sont basées sur une certaine logique. L'explicabilité va un cran plus loin et permet au système d'établir des priorités pour justifier ses actions. Par exemple, un réseau peut classer une alerte sanitaire comme prioritaire par rapport à une mise à jour logicielle. L'interprétabilité nous dit ce qui s'est passé. L'explicabilité nous dit pourquoi, en termes clairs. Ensemble, elles rendent la technologie transparente et responsable, donc digne de confiance. Et c'est en intégrant ces nouveaux indicateurs clés de performance dès le design de la nouvelle génération de systèmes de communication que nous arriverons progressivement à entrer dans une ère plus saine en matière d'infrastructures.

Vous êtes un véritable technophile de par votre métier et votre parcours personnel. Quelle est votre vision de la technologie au service de l'humanité ?

La confiance est le pilier de toute technologie. Sans confiance, personne n'utilise un système, aussi avancé soit-il. Alors que les réseaux de communication s'appuient de plus en plus sur l'intelligence artificielle pour gérer leur complexité (quelles données traiter en priorité, où acheminer le trafic, comment allouer les ressources...), il devient important d'expliquer comment les décisions techniques sont prises. Jusqu'à récemment, l'IA fonctionnait souvent comme une boîte noire, elle fournissait des réponses mais elle manquait généralement de transparence sur la manière dont elle y parvenait à ses conclusions. C'est là que l'interprétabilité, l'explicabilité et la confiance entrent en jeu. Aucune décision d'un système n'est opaque. Le système obéit à une certaine logique, et cette logique peut être comprise et expliquée. Pourquoi telle hiérarchisation a-t-elle été effectuée de cette manière ? La confiance découle de ce genre de questionnements. Comprendre les étapes rétroactives permet de faire confiance à la solution, et si un réseau donne la priorité à une alerte d'urgence plutôt qu'à une mise à jour d'application, comprendre les critères qui sous-tendent cette hiérarchisation aide à accepter la décision technique.

Plus de transparence technique a deux impacts majeurs. Premièrement, cela renforce la responsabilité collective. Si un système commet une erreur, les gens vont pouvoir la

When we think about it, it is quite impressive. But this comes at a cost. We move more data today than ever before, and many times, unnecessarily. This consumes huge amounts of energy. Our communication networks are like highways, but highways that are jammed with trucks, with most of them carrying half-empty loads.

I then wondered, what if the next big leap would not just be faster highways but smarter deliveries? And this is where 'importance-driven' communication comes in. Instead of sending all possible data, the new generation of communication systems will have to figure out what information is actually important to send. In telemedicine, for instance, sending a full high-resolution body scan across the network can take huge bandwidth. Yet, often, the doctor only needs a small part of the scan, namely, the area showing the anomaly. Your smart fridge is another example. Today, it might send minor updates about temperature fluctuations to your phone, but tomorrow, with 6G, it would send a message that you actually care about: "The milk will expire tomorrow." This will save energy, it will avoid unnecessary traffic, and more importantly, it will provide information that matters to you. (the question yet remains... why on hell buy a smart fridge!)

What is important to understand is that 6G technology should not be reduced to faster downloads. It is about designing a whole new communication system that reduces energy waste while fully aligning with human objectives.

Arguments of energy efficiency and cost savings are often raised to justify technical upgrades in digital systems. But how do you actually monitor these aspects? How do you measure the sustainability of a communication system?

There is no simple answer to this question. We - Engineers - usually use Key Performance Indicators (KPIs) as a kind of scorecard. In communication networks, KPIs are primarily technical. They may include throughput, which measures the number of bits of data transmitted per second. We measure latency to see how quickly information travels through the system. We also measure reliability to assess how often messages arrive at the destination without errors. Such indicators are useful, but in today's world, they miss the bigger picture, and this is why our scorecard needs to change, or better say, be enriched. In my work, I have added new indicators such as sustainability, fairness, inclusion, interpretability, explainability.

It is important to include these new KPIs in the design and development of the next generation of engineered systems for the mere fact that if we do not, we are going to forget essential things when monitoring the socio-economic and environmental costs of such networks.

Take sustainability, for instance. Few people realize that every search with your browser, video stream, or online call uses a significant amount of electricity and water for enabling data centers and communication networks to carry the data, and as demand grows, so does the carbon footprint. By cutting out redundancy, importance-driven systems help to reduce energy costs. Instead of streaming every pixel in a video call, what will be streamed will only be the parts in the image that actually change. Scaled up, this practice has the potential to generate subsequent energy savings while transforming - at last - communication networks into frugal entities.

Now consider fairness and inclusion. Billions of people do not have high-speed internet or the latest smartphone. If networks are only designed for those with the best devices, the risk is to deepen inequality. A better approach instead is to design systems that can operate in degradation mode. If the connection is weak, if the phone is old, the user must continue to receive the important information. Imagine a farmer

retracer et la corriger. Deuxièmement, cela favorise l'inclusion. Si seuls quelques experts peuvent comprendre le fonctionnement de l'IA, le système empêche la plupart des gens de saisir la logique qui le sous-tend. Or ce n'est pas ce que nous devons viser. Les utilisateurs, les régulateurs et les différentes communautés doivent pouvoir s'engager de manière critique dans les nouvelles technologies de communication pour garder le plein contrôle sur les ajustements nécessaires à faire au fil de l'eau.

On a également une responsabilité éthique. Les réseaux de communication façonnent largement ce que nous voyons, ce que nous entendons et ce que nous partageons. S'ils restent opaques, sans rendre de comptes à personne, un risque est qu'ils amplifient les préjugés et les inégalités. En revanche, des

systèmes de communication qui seraient transparents permettraient de détecter ces biais et de les corriger. Une fois que les gens font confiance à ces systèmes, ils sont plus enclins à les adopter et à les utiliser pour améliorer leur vie quotidienne.

Tech4Humanity, la technologie au service de l'humanité, n'est donc pas un simple slogan. Pour moi, sa meilleure définition est la conception de systèmes techniques complexes que les gens peuvent comprendre. La confiance n'étant jamais acquise, ces systèmes doivent fonctionner en toute transparence. Ce n'est que sur cette base que ces réseaux de communication de nouvelle génération gagneront leur confiance aux yeux des humains. Ce n'est que sur cette base qu'ils deviendront puissants. ●

in a rural area with only a basic handset. A short message about tomorrow's weather or crop prices can be life-changing. This does not require the newest mobile technology or a fancy app.

The couple interpretability-explainability is important to take into account. The two terms are often used interchangeably, yet they are not exactly the same. Interpretability means that the communication system does take decisions based on a certain logic, while explainability goes one step further and allows the system to justify its actions and prioritize. For example, a network might rank a health emergency alert over a software update. Interpretability tells us what happened. Explainability tells us why, in clear terms. Together, they render technology transparent and accountable, hence trustworthy. By incorporating these new KPIs into the core design of the new generation of communication systems, we are gradually shifting from building networks for machines to building networks for people.

You are a genuine technophile by your job and your personal background. What is your vision of Tech for humanity?

Trust is the backbone of all technology. Without trust, no one uses a system, no matter how advanced it is. As communication networks increasingly rely on artificial intelligence to manage complexity - which data gets priority, where to route traffic, how to allocate resources... - it becomes important to explain how technical decisions are made.

Up to recently, AI has often worked as a black box, providing answers but generally lacking transparency on how it has reached the replies. This is where interpretability, explainability, and trust come into play. No system's decision is opaque. It obeys a certain logic, and this logic can be understood and explained. Why has prioritization been done in such a way? Trust derives from such questionings. Understanding the retroactive steps makes you trust the solution, and if a network prioritizes an emergency alert over an app update, understanding the criteria behind such prioritization helps you accept the technical decision. Increased technical transparency has two major impacts. First, it builds accountability. If a system makes a mistake, people can trace it and correct it. Second, it supports inclusion. If only a few experts can understand how AI works, the system excludes most people from grasping the logic behind the communication system. This is not what we should aim for. Users, regulators, and communities must be able to engage critically with new communication technologies, and they must keep a full hand on adjustments if needed.

There is also an ethical responsibility. Communication networks shape what we see, what we hear, and what we share. If they remain opaque, accountable to no one, they can easily amplify biases and inequalities. By contrast, interpretable and explainable systems make it possible to detect mistakes and to fix them. Once people trust these systems, they are more likely to adopt them and use them to improve their daily lives.

Tech for humanity is therefore not a buzzword. To me, the best definition is the conception of complex technical systems that people can understand. Trust being no optional add-on, these systems must operate in full transparency. It is only on this base that such next-generation communication networks will gain the trust of humans. It is only on this basis that they will become powerful. ●

**LES
BALLET
DE
MONTE
CARLO**
SOUS LA PRÉSIDENCE DE
S.A.R. LA PRINCESSE DE MONACO
JEAN-CHRISTOPHE MAILLOT

SAISON 2025-2026

PAUL LIGHTFOOT, «SEE YOU» - CRÉATION
WILLIAM FORSYTHE, «HERMAN SCHMERMAN»
GALA DES 50 ANS DE L'ACADÉMIE PRINCESSE GRACE
J-CH. MAILLOT, «MA BAYADÈRE» - CRÉATION
F. NAPPA, J. VERBRUGGEN, J. GUÉRIN,
M. KOIKE, J-CH. MAILLOT, «MINIATURES» - CRÉATIONS
J-CH. MAILLOT, «CORE MEU» - NOUVELLE VERSION
GALA DE FIN D'ANNÉE DE L'ACADÉMIE PRINCESSE GRACE
GALA POUR LES 40 ANS DES BALLET DE MONTE-CARLO
ÉRIC OBERDORFF/CIE HUMAINE «WAKU DOKI» - CRÉATION
BALLET DE L'OPÉRA NATIONAL DE PARIS
JOHN NEUMEIER, «LA DAME AUX CAMÉLIAS»

COMITÉS D'ENTREPRISES, PROFITEZ DE NOS AVANTAGES !

04 92 41 60 22 | p.wante@balletsdemontecarlo.com

PRINCIPAUTÉ
DE MONACO

CFM INDOSUEZ
WEALTH MANAGEMENT

SOGEDA
MONACO

THÉÂTRE NATIONAL
MONTE-CARLO

© A. Blangero