Multi-antenna, Multi-node, Multi-RAT Architectures to Provide an Immersive Experience to the Early 5G Adopters

1. INTRODUCTION

Within the EU Horizon 2020 (H2020) research initiative, mmMAGIC is a flagship project looking at the adaptation of mm-wave spectrum (defined as 6-100GHz for the project) for 5G services

The work package 5 (WP5) of the mmMAGIC project, where this paper originates from, is focussed on defining the transceiver architectures and developing multi antenna and multi node schemes to achieve the 5G performance in mm-wave bands.

5G system supporting these requirements by design would mark a distinct shift in user experience for the early 5G adopters.

1. THE IMMERSIVE 5G EXPERIENCE USE CASE AND EXTENSIONS

This HetNet (Heterogeneous Network) architecture provides unique benefits as well as limitations, which will be addressed during the course of work in this work package.

1. *The key KPIs (*Key performance Indicators*) for the baseline use case*
2. *Gap from the current technology*

The user experienced data rates should improve by a factor of 10 and the peak data rates should improve by a factor of 20 from the current LTE operational levels. The latencies should be reduced by at least a factor of 5 to achieve (near) real time experience for immersive 5G services. One of the deployment challenges (w.r.t. LTE) would be the densification of the small cells.

The mm-wave technologies do bring in other benefits, like higher spatial re-use. Interference control and backhaul provision technologies will also have to significantly improve from the current state-of-the-art.

This factor of 4 is considering that the multi-antenna phased arrays having to mostly support SNR gain in beamforming, but also achieving higher spatial re-use/multiplexing gains. So only to achieve the 20Gbps peak data rate, the bandwidth needs to go up at least by a factor of 6. Thus, the initial bandwidth requirement only for this peak data rate provision (for a single user) would be 600MHz

According to this analysis, the average bandwidth requirement to satisfy 95% of the active users is 860MHz and for 99% of active users it is 1.15GHz.

1. *Use case extensions*

The baseline use case captures targeted coverage areas, typically 0.1km2 in area.

The premise of ‘everywhere coverage’ extend to dense urban and sub-urban environments, with connection densities of 400-2500 per km2. 50Mbps is an indicative data rate which could peak even at 1Gbps. The mobility may also increase to typically 50km/h, a practical limit for urban vehicles.

1. REQUIREMENTS ON THE RADIO ARCHITECTURE

بشكل عام ، نظرًا لقيود عمر البطارية ، يجب وضع الجزء الأكبر من التعقيد في جانب نقطة الوصول ، في حين يجب أن تبقى واجهة المستخدم بسيطة وشفافة لبيئة الهوائي المتعدد في نقطة الوصول. المتطلبات الحرجة لأجهزة الإرسال والاستقبال المضمنة في المطاريف المتنقلة المستقبلية مثل الهواتف الذكية أو الأجهزة اللوحية أو غيرها من أجهزة المستخدم المحمولة هي استهلاك طاقة منخفض جدًا (أقل من 1 وات) ، وحجم مصغر (بضع سم 2 كحد أقصى) وتكلفة منخفضة. مثل هذه القيود ، وخاصة عوامل التكلفة واستهلاك الطاقة ، تمنع استخدام أنظمة هوائيات متعددة مع عدد كبير من العناصر ، مثل تلك التي تم تطويرها على مدى العقد الماضي للفيديو عالي الوضوح أو الاتصالات الداخلية في نطاق 60 جيجا هرتز ، حتى على الرغم من أن حجمها يناسب معظم المحطات. وعلى النقيض من ذلك ، ستستفيد AP صغيرة الخلية من المواصفات الأكثر استرخاءً بشأن هذه العوامل ، ولكن ، كنظير ، فإن مواصفات أداء الموجات المموجة الأعلى بكثير (طاقة الإرسال ، كسب الإشعاع ، وظائف تشكيل الحزمة).

ستساعد هذه المواصفات الأعلى في تحقيق ميزانية الارتباط والمتطلبات الأخرى من حيث معدل البيانات ونطاق الاتصال والتغطية والتعامل مع المستخدمين المتعددين. لذا سنقوم بالتحقيق في معماريات الراديو ذات الموجة mm حيث يكون التعقيد أكثر تركيزًا بشكل غير متماثل على جانب المحطة الأساسية (أو AP).

Antenna gain values:

* number of antenna elements, in these cases will be derived from link budget analysis based on the selected frequency band,
* the expected antenna gains at user equipment level,
* the expected communication range (small-cell radius),
* the signal-to-noise ratio,
* propagation conditions and outage statistics.

1. MULTI ANTENNA ENABLING TECHNOLOGIES

بما أن اتصال الموجة mm يتطلب إرسال اتجاهي للتغلب على تأثيرات الانتشار عند الترددات الأعلى ، فإن تتبع المستخدم يصبح تحديًا بسبب استخدام الحزم الضيقة. تم اقتراح بعض المخططات لتمكين الحركة العالية مع الحزم الضيقة بما في ذلك التقنيات القائمة على التنبؤ [16]. ومع ذلك ، في سيناريوهات معينة ، يسافر العديد من مستخدمي الهواتف المحمولة بالفعل في نفس السيارة ، على سبيل المثال في قطار عالي السرعة. تحقيقا لهذه الغاية ، يمكن النظر في سيناريو نقطة ساخنة متنقلة لمعالجة خدمة المستخدمين في السيارة. بدلاً من محاولة تتبع جميع المستخدمين في القطار ، تقوم BS بشكل أساسي بإعداد ارتباط (توصيل) إلى نقطة وصول في القطار ، حيث يتم توزيع الإرسال إلى المستخدمين داخل القطار. في هذه الحالة ، يمكن استخدام المسار المعروف للقطار لتسهيل تتبع الشعاع إلى نقطة الوصول على القطار [17]. يمكن تصور امتداد مشابه لحافلة ، يمكن أيضًا معرفة طريقها قبل اليد أو يقتصر على اتجاهات معينة. هذا مهم بشكل خاص لحالة استخدام النقاط الساخنة المتحركة.

على الرغم من التحديات العامة وحالات الاستخدام المحددة المذكورة سابقًا ، يمكن إطلاق العنان لإمكانية الاتصال بالموجة ملم إذا تم تنفيذ تصميم نظام دقيق ومناسب ، بما في ذلك تصميم جهاز الإرسال والاستقبال متعدد الهوائيات.

1. MULTI NODE ENABLING TECHNOLOGIES