

# تكنولوجيا الجيل الخامس

مكتب المسؤول الفني الرئيس في ICANN

ألين دوراند  
OCTO-004  
23 كانون الثاني، 2020



## قائمة المحتويات

3	1	الخلاصة التنفيذية
3	2	مقدمة
4	3	وقت الاستجابة: هل يمكن تشغيل نظام أسماء النطاقات DNS في بيئة من الجيل الخامس منخفضة في وقت الاستجابة؟
4	3.1	نبذة تعريفية
4	3.2	المناقشة
5	3.3	مواقف ICANN
5	4	تقسيم الشبكات: هل هناك خطر تقسيم بالنسبة لنظام المعرفات الفريدة للإنترنت؟
5	4.1	نبذة تعريفية
6	4.2	المناقشة
7	4.3	مواقف ICANN
7	5	هل ستظل أرقام الهواتف ذات صلة مع وجود الجيل الخامس؟ هل سيؤدي الجيل الخامس إلى طرح مجموعات جديدة من المعرفات؟ هل ستكون تلك المعرفات في نظام أسماء النطاقات؟
7	5.1	نبذة تعريفية
7	5.2	المناقشة
8	5.3	مواقف ICANN
8	6	شبكة مجموعة التركيز لقطاع معايير الاتصالات في الاتحاد الدولي للاتصالات 2030
8	6.1	نبذة تعريفية
9	6.2	المناقشة
9	6.3	مواقف ICANN
10	7	هل هناك فرص لحلول غير IP على مشارف طرح الجيل الخامس؟
10	7.1	نبذة تعريفية
10	7.2	المناقشة: هل يمكن نشر حلول غير بروتوكول الإنترنت في الجيل الخامس؟
11	7.3	المناقشة: هل يمكن أن يعمل IP على الأجهزة المقيدة؟
11	7.4	المناقشة: كيف تأخذ في الاعتبار التطبيقات الحساسة لوقت الاستجابة في TCP/IP؟
12	7.5	مواقف ICANN

هذه الوثيقة جزء من سلسلة مستندات مكتب المسئول الفني الأول. برجاء الاطلاع على <https://www.icann.org/resources/pages/octo-publications-2019-05-24-en> للحصول على قائمة بالمستندات الموجودة في السلسلة. إذا كانت لديك أسئلة أو مقترحات حول أي من هذه المستندات، برجاء إرسالها إلى [octo@icann.org](mailto:octo@icann.org).

## 1 الخلاصة التنفيذية

إن الإنترنت أخذ في التحول بشكل متزايد إلى إنترنت جوال. و لن تقتصر الموجة التالية من الأجهزة المتصلة بالإنترنت على أجهزة الكمبيوتر أو الهواتف الذكية مع وجود إنسان فعلي قابع أمام الشاشة. حيث ستضمن هذه الموجة الاتصال من آلة إلى أخرى مع أجهزة إنترنت الأشياء (IoT). ومع وضع هذين الاتجاهين في الاعتبار، فإن طرح 5G (الجيل الخامس من التكنولوجيا اللاسلكية للشبكات الخلوية) له أهمية خاصة للإنترنت بشكل عام ولهيئة ICANN بشكل خاص.

ويتلخص السؤال الأساسي الذي يفرضه طرح الجيل الخامس فيما يلي: هل لا يزال النموذج الحالي للإنترنت (المعروف باسم حزمة بروتوكول TCP/IP) ملائمًا في عالم الجيل الخامس؟ علمًا بأن هذا السؤال الموجه إلى ICANN يتمخض عنه السؤالان التاليان:

- هل لا يزال نظام أسماء النطاقات قابل للتشغيل في عالم الجيل الخامس، وعلى وجه الخصوص مع مراعاة التطبيقات الحساسة لوقت الاستجابة؟
- هل مجموعة المعرفات الفريدة التي تساعد ICANN في تنسيقها لا تزال مفيدة، أم هل يجلب الجيل الخامس معه الحاجة إلى مجموعة مختلفة من المعرفات؟

على مر السنين، كان هناك عدد من المشاريع البحثية الأكاديمية التي تهدف إلى إعادة تعريف الشبكات من أجل تحقيق "إنترنت مستقبلي". والأهم من ذلك، فإن أي محاولة جديدة لاستبدال بروتوكول TCP/IP يجب أن تأخذ في الاعتبار الجداول الزمنية الممتدة على مدار عقود وأي مزايا مزعومة يُفترض أن تفوق التعقيدات وتكاليف هذا الانتقال. علاوة على ذلك، تشير ICANN إلى أن فريق عمل هندسة الإنترنت IETF قد قام بالفعل بعمل مكثف لجعل بروتوكول الإنترنت IP يعمل في بيئات مقيدة، مثل الأجهزة التي تعمل بالبطارية أو شبكات الطاقة المنخفضة جدًا/شبكات النطاق الترددي المنخفض جدًا في مجموعة العمل 6lowpan ومجموعة العمل 6lo اللاحقة لها. تعمل جهود فريق عمل هندسة الإنترنت IETF الأخرى -مثل الجهود التي تتم في مجموعة عمل اتصال الإنترنت بروتوكول UDP السريع (أو QUIC)- على تطوير بروتوكولات طبقة النقل لكي توفر -على سبيل المثال لا الحصر- الإرسال المتعدد لدفق البيانات وإنشاء اتصال بفترة انتظار منخفضة.

ولا يبدو أن هناك حاجة واضحة لنظام معرفات جديد للتطبيقات الكلاسيكية الموجهة للمستخدم باستخدام الجيل الخامس. ومع ذلك، فإن إنترنت الأشياء هو مجال يمكن أن يستفيد من المعرفات العالمية الجديدة، خاصة تلك التي يمكنها التعامل مع الخصوصية بشكل أفضل. علمًا بأنه يمكن تنفيذ هذه المعرفات مباشرة داخل نظام أسماء النطاقات.

ويمثل وقت الاستجابة لحل نظام أسماء النطاقات والتخزين مصدر قلق لتشغيل/تحسين الشبكات، وليس مشكلة معمارية. وقد قدمت ICANN التوصيات التالية لشبكات الجيل الخامس:

- يجب أن تكون ذاكرة التخزين المؤقت لنظام أسماء النطاقات لتطبيقات الجيل الخامس الحساسة لوقت الاستجابة محلية قدر الإمكان وأن يتم تكوين الجلب المسبق المقيد.
- قد يساعد نظام التخزين المؤقت الموزع في زيادة كفاءة نظام حل DNS الشامل.
- قد يرغب مطورو تطبيقات إنترنت الأشياء الذين يتطلعون إلى تقليل تأثير وقت استجابة DNS إلى التحقق من تكييف تطبيقاتهم للاستعلام عن بيانات DNS قبل وقت طويل من إنشاء الاتصال.

تعتقد ICANN أن نموذج الإنترنت الواحد، القائم على نظام عالمي للمعرفات الفريدة، هو أفضل طريقة لتعظيم الفوائد التي يمكن للإنترنت تحقيقها. ثمة خطر يتمثل في أن تتطور المنصات الأساسية الشائعة للاستفادة من تقطيع وتقسيم شبكات الجيل الخامس باستخدام نظام المعرفات الخاص بها. وإذا حدث ذلك، فسوف يتداعى الإنترنت إلى أجزاء وستستمر القاطرة الطويلة من التطبيقات الأقل شهرة في استخدام النظام العالمي للمعرفات الفريدة الخاص بالإنترنت.

## 2 مقدمة

ستلقي هذه المذكرة نظرة على 5G (الجيل الخامس من التكنولوجيا اللاسلكية للشبكات الخلوية) من منظور تقني، وتطرح الأسئلة التالية: ما الذي تغيره تقنية الجيل الخامس -إن وجد أي تغيير- في بنية وبروتوكولات الإنترنت مثل TCP/IP؟ كيف يمكن أن يكون التأثير على نظام المعرفات الفريدة التي تساعد ICANN في تنسيقها، وعلى وجه التحديد نظام أسماء النطاقات (DNS)؟

## 3 وقت الاستجابة: هل يمكن تشغيل نظام أسماء النطاقات DNS في بيئة من الجيل الخامس منخفضة في وقت الاستجابة؟

### 3.1 نبذة تعريفية

كثيرًا ما تم تأطير وترتيب المناقشات المتعلقة بالهياكل المتنقلة عن طريق تحقيق توازن بين المشغلين والموزعين. حيث يحرك المشغلون أجزاء كبيرة من المتطلبات، في حين يبتكر البائعون التكنولوجيا المناسبة لتتناسب مع تلك المتطلبات. يهتم المشغلون بجلب مشاركين جددًا للعمل موردين محتلمين في السوق والبائعون الحاليون مهتمون بالحفاظ على حصتهم السوقية (وزيادتها). يجلب كل جيل جديد من تكنولوجيا الاتصالات المحمولة بنية جديدة (أو تطورًا للبنية الحالية) مع وعد بخدمات وفرص تجارية جديدة. توصف هذه التقنيات الجديدة بأنها وسيلة للمشاركين الجدد (الباعين أو المشغلين أو الجهات الأخرى) في إرباك السوق.

ففي تقنية الجيل الخامس، دفع البائعون الحاليون في البداية باتجاه الحفاظ على بنية مركزية مع تحسين الاتصالات اللاسلكية في نفس الوقت. وقد دفع الوافدون الجدد -منذ وضع تصور الجيل الخامس- من أجل وضع هيكل هندسي لحوسبة الحافة، وذلك من خلال تعزيز الشبكة المعرّفة بالبرمجيات (SDN) والمحاكاة الافتراضية لوظيفة الشبكة (NFV). (حوسبة الحافة عبارة عن تصميم يهدف إلى تقليل النطاق الترددي والتأخير عن طريق نقل الموارد المطلوبة في مكان أقرب إلى الأنظمة التي تتطلبها.) تقوم خلفية هذا الادعاء على التوقع الواعد بانخفاض نفقات رأس المال وإمكانية تقديم خدمات جديدة، والتي يحتمل تقديمها كل على حدة، ويمكن أيضًا إطلاقها بتكلفة منخفضة. ومن بين هذه الخدمات الجديدة، إمكانية تقديم اتصالات ذات موثوقية فائقة ومنخفضة للغاية في وقت الاستجابة (URLLC)، أي أقل من 5 مللي ثانية أو أقل من 10 مللي ثانية، لتطبيقات السيارات ذاتية القيادة، والمركبة إلى كل شيء (V2X)، والواقع المعزز (AR)/الواقع الظاهري (VR).

بدأ هذا التحرك نحو المحاكاة الافتراضية لوظيفة الشبكة NFV في عام 2012، قبل تنقية الجيل الخامس، عندما أنشأ المعهد الأوروبي لمعايير الاتصالات (ETSI) مجموعة مواصفات الصناعة (ISG) للمحاكاة الافتراضية لوظيفة الشبكة. لقد نضجت تقنية المحاكاة الافتراضية لوظيفة الشبكة إلى حد ما منذ ذلك الحين، ويقدم شاعلو الوظائف الآن أيضًا جزءًا كبيرًا من مجموعة منتجاتهم في صورة وظائف للشبكة الافتراضية (VNF). كما قدمت سحب الحواف تحت تعريفات مختلفة من مجتمع المشغلين. كانت هناك مبادرات مختلفة في سحب الحواف في كل من التقييس، مثل حوسبة الحواف متعددة الوصول (MEC) التابعة للمعهد الأوروبي لمعايير الاتصالات، وفي مجتمعات المصدر المفتوح حيث توفر مؤسسة Linux Foundation Edge (أو LF Edge) 1- على سبيل المثال - مظلة "الإشياء إطار مفتوح وقابل للتشغيل البيئي لحوسبة الحواف بشكل مستقل عن الأجهزة أو السليكون أو السحابة أو نظام التشغيل".

وقد تم نشر عدد من المقالات في الأونة الأخيرة<sup>3,2</sup> من جانب بعض الموزعين الجدد، مؤكدين على الفكرة القائلة بأن نظام أسماء النطاقات التقليدي غير متوافق مع تطبيقات الجيل الخامس ذات وقت الاستجابة المنخفض للغاية، أي URLLC. وتتمثل الفكرة الرئيسية في أن الوقت المنقضي في الذهاب والإياب إلى مركز بيانات "إقليمي" يضيف وقت استجابة إضافي غير مقبول. ويتمثل الحل الذي يعمل هؤلاء الموزعين على الدفع به في وضع وحدات حل نظام أسماء النطاقات في منصات حوسبة الحافة بدلاً من جعل حل نظام DNS مركزيًا ومقتصرًا على مركز بيانات وطني أو إقليمي.

### 3.2 المناقشة

لا يمثل رابط لاسلكي الجيل الخامس سوى الركن الأول في أي عملية اتصال. ويتمثل أحد أهداف الجيل الخامس في تخفيض وتقليل وقت الاستجابة اللاسلكية لأقل من 5 مللي ثانية أو 10 مللي ثانية في وقت الذهاب والإياب (RTT). ويتم بعد ذلك نقل الاتصال (إرجاع النقل) من برج لاسلكي إلى مركز بيانات. وعلى افتراض أن هناك مركز بيانات إقليمي يبعد 1,000 كيلومتر عن أي منشأة حافة، وموصلة عبر الألياف، فسوف تتم إضافة وقت ذهاب وإياب بمعدل 10 مللي ثانية. وعلى الرغم من ذلك، للقيام بذلك، فإن الوقت الذي ستستغرقه وحدة الحل في معالجة استعلامات DNS سوف يتوجب وضعه في الاعتبار، مع وقت حساب مشابه أيضًا من الواجب إضافته إلى وحدات حل الحافة. فإذا كانت وجهة بروتوكول TCP أو بروتوكول UDP بعد تحويل ترميز بروتوكول نظام أسماء النطاقات إلى اسم هو مضيف مقره كائن خارج محيط مركز بيانات الحافة، فسوف يكون التأخير الإضافي بمدة 10 مللي ثانية -والذي يحدث لمرة واحدة

<sup>1</sup> راجع <https://www.lfedge.org>

<sup>2</sup> راجع <https://www.open-xchange.com/about-ox/ox-blog/article/dns-latency-in-a-5g-network/>

<sup>3</sup> راجع <https://www.infoblox.com/wp-content/uploads/infoblox-solution-note-infoblox-dns-for-5g.pdf>

فقط عند تأسيس الاتصال- تافهًا ولا يعتد به. وعلى الرغم من ذلك، إذا كان المضيف الوجهة واقع ضمن مركز بيانات الحافة (على سبيل المثال؛ الاتصالات داخل المحاكاة الافتراضية لوظيفة الشبكة) أو المتصلة بها من خلال الجيل الخامس (على سبيل المثال؛ الشاحنات ذاتية القيادة في المناجم)، فقد يكون هذا التأخير كبيرًا. وفي تلك الحالات، فإن استضافة وحدات حل نظام أسماء النطاقات في مركز بيانات الحافة قد يكون معقولاً. وهناك خيار آخر يتمثل في قيام التطبيق بالجلب المسبق لبيانات نظام أسماء النطاقات في الوقت المستغرق في بدء التشغيل من أجل تقليل أي تأخير في وقت الاتصال. ويمكن تنفيذ ذلك في بيئة صناعية حيث تكون مجموعة الوجهات التي سيتصل بها الجهاز معروفة مسبقًا. وبالنسبة لاتصالات الإنترنت العادية، فإن تأخير نظام أسماء النطاقات لا يبدو أنه مشكلة.

إن وضع وحدات حل نظام أسماء النطاقات ذات الأغراض العامة بالقرب من المستخدمين في مركز بيانات حافة سوف يكون له تأثيره في تخفيض معدل عمليات البحث في ذاكرة نظام أسماء النطاقات المؤقتة لوحدة الحل. ويمكن الحد من تداعيات التأثير عن طريق تثبيت نظام تخزين الذاكرة المؤقتة الموزعة، مثل النظام الهرمي للذاكرات المؤقتة الإقليمية والوطنية أو نشر شكل من أشكال الجلب المسبق لسجلات DNS<sup>54</sup> وعلى الرغم من ذلك، ثمة تأثير آخر لحركة وتنقل الجيل الخامس على حفظ ذاكرة DNS والتي يجب أن توضع في الاعتبار. فإذا كان الجهاز الجوال يتنقل، فقد يكون بحاجة لإعادة توجيهه من حين إلى آخر إلى مركز بيانات حافة مختلف وقريب من أجل الحفاظ على وقت استجابة أقل من 10 مللي ثانية. وربما تتم عملية إعادة التوجيه هذه من خلال اتصال بنظام DNS يجريه تطبيق على دراية بالتنقل والحركة. وفي هذه الحالة، سوف يتم احتساب استجابة DNS من الموقع الجغرافي الجديد للجهاز المتنقل. وهذا يمثل تنوعًا لتوازن الأحمال المستند إلى DNS والذي تمارسه العديد من شبكات توصيل المحتوى (CDN) اليوم، مع الاختلاف المتمثل في أن الاستجابة يجب ألا تُخزن من خلال الجهاز المحمول. كما يعتبر ذلك من الممارسات القياسية لهندسة DNS، حيث يتم تعيين وضبط فترة بقاء البيانات في الحاسوب أو في الشبكة (TTL) لبعض سجلات DNS عند صفر.

### 3.3 مواقف ICANN

ويمثل وقت الاستجابة لحل نظام أسماء النطاقات والتخزين مصدر قلق لتشغيل/تحسين الشبكات، وليس مشكلة معمارية. وعلى هذا النحو، ترى ICANN أن DNS يمكن تشغيله وتنفيذه في بيئة الجيل الخامس منخفضة في وقت الاستجابة. وقد قدمت ICANN التوصيات التالية:

- ⊙ يجب أن تكون ذاكرة التخزين المؤقت لنظام أسماء النطاقات لتطبيقات الجيل الخامس الحساسة لوقت الاستجابة محلية قدر الإمكان وأن يتم تكوين الجلب المسبق المقيد.
- ⊙ قد يساعد نظام التخزين المؤقت الموزع في زيادة كفاءة نظام حل DNS الشامل.
- ⊙ قد يرغب مطورو تطبيقات إنترنت الأشياء الذين يتطلعون إلى تقليل تأثير وقت استجابة DNS إلى التحقق من تكييف تطبيقاتهم للاستعلام عن بيانات DNS قبل وقت طويل من إنشاء الاتصال.

## 4 تقسيم الشبكات: هل هناك خطر تقسيم بالنسبة لنظام المعرفات الفريدة للإنترنت؟

### 4.1 نبذة تعريفية

يعزز الجيل الخامس مفهوم تقسيم الشبكات إلى موارد شبكات مجردة ووظائف للشبكات. وهي تتيح لشركات الاتصالات بناء شبكة مادية فردية يمكنها احتساب حالات الاستخدام الصعبة للغاية: التطبيقات التي تتطلب عرض نطاق عالي (على سبيل المثال؛ البث) والتطبيقات التي تتطلب على نطاق منخفض (على سبيل المثال؛ توصيل أجهزة إنترنت الأشياء (IoT)) ذات متطلبات وقت الاستجابة المنخفض، وشبكات الشركات الداخلية إلخ. يشار إلى أن تقسيم الشبكات يعد مصطلحًا جديدًا ينطبق على مفهوم قديم. فبداية من الجيل الثاني تبعًا، حظيت شبكات المحمول بقرارات أطلق عليها اسم "اتصالات سياقات بروتوكول بيانات الحزم (PDP)/شبكة بيانات الحزم (PDN)" التي يتم اختيارها استنادًا إلى اسم نقطة الوصول (APN). كما تم استخدام أسماء نقاط الوصول وبنى PDP/PDN التحتية الأساسية الخاصة بنا من أجل عملاء الشركات الذين يوفرون الاتصال المباشر لشبكاتهم الداخلية. وينطلق الجيل الخامس إلى أبعد من ذلك، حيث يتيح إمكانية ضبط معلمات جودة الخادم (QoS). وسوف تكون للمشغلين القدرة على تجنب عرض النطاق الترددي استنادًا إلى

<sup>4</sup> يمكن العثور على مثال للجلب المسبق لنظام DNS على الرابط

[https://www.researchgate.net/publication/270571591\\_PREFETCHing\\_to\\_optimize\\_DNSSEC\\_deployment\\_over\\_large\\_Resolver\\_Platforms](https://www.researchgate.net/publication/270571591_PREFETCHing_to_optimize_DNSSEC_deployment_over_large_Resolver_Platforms)

<sup>5</sup> وقد تم تنفيذ الجلب المسبق بالفعل في العديد من عمليات تنفيذ وحدات الحل.

متطلبات جودة الخادم الخاصة بالعملاء من أجل توفير شريحة من الشبكة تعمل في أعلى بنية تحتية مادية فردية. وفي الوقت الحالي، فإن أحد أهم حالات الاستخدام لتقسيم الشبكات هو "الصناعة 4.0"، وهو عبارة عن مصطلح مستخدم من أجل وصف السيناريوهات التي يمكن فيها للمشغل أن يعرض بشكل عملي "شبكة مملوكة" من أجل مصنعة أو أي صناعة أخرى يكون له فيها عرض نطاق ترددي مضمون، وعلى وجه الخصوص، فترة استجابة قطعية. وهذه الوظيفة ستتيح لمختلف الصناعات الانتقال من البنية التحتية لخطوط الأسلاك ذات الملكية الخاصة إلى تقنية شبكات لاسلكية أكثر مرونة.

## 4.2 المناقشة

علمًا بأن الجيل الخامس معرّف في مشروع شراكة الجيل الثالث 3GPP. وقد حددت مجموعة عمل مظهر وبنية خدمة ونظام مشروع شراكة الجيل الثالث 3GPP التحتية (SA2) مثيلات شرائح الشبكة (NSI) حيث يحتوي كل مثيل لشريحة الشبكة على العديد من مثيلات الشبكات الفرعية لشرائح الشبكة (NSSI). أما المواصفة الفنية للبنية التحتية لنظام 3GPP المخصص لأنظمة الجيل الخامس (TS 23.501) فتعرّف معلومات مساعدة اختيار شريحة الشبكات (NSSAI)، المستخدمة في دعم ومساعدة معدات المستخدم (UE) في اختيار شرائح الشبكات ونوع شريحة الخدمة (SST). ولا يزال هذا التوحيد القياسي لشرائح الشبكة في مرحله الأولى. وهي جاهزة لشرائح الشبكة المزودة بشكل ثابت، ولكن هناك حاجة إلى مزيد من العمل لتمكين شرائح الشبكة المزودة ديناميكيًا بطريقة من نوع SDN.

إن توفير عرض النطاق الترددي المخصص لشبكة معينة ليس حياديًا على المشغل. فهي تتخلص من الموارد المتاحة من أجل المجموعة المشتركة. ويستند إلى فكرة أن الإيرادات المستحصل عليها من المجموعة المخصصة للعملاء المستهدفين ستعوض أكثر من خسارة الإيرادات المستحصل عليها من الانخفاض المقابل في المجموعة المتاحة لعموم العملاء. إن الكيفية التي سيتم بها تنفيذ تقسيم الشبكات فعليًا وتحديد أسعاره من خلال مشغلي الشبكات الخلوية ما تزال غير واضحة. تذكرنا بعض التحديات التقنية والتجارية بمعدل البيت الثابت (CBR)/معدل البيت المتاح (ABR)/عروض معدل البيت المتغير (VBR) على شبكات ATM في أواخر تسعينيات القرن الماضي. حيث كان المشغلون في ذلك الوقت مهتمين بتقديم خدمات جودة الخادم هذه لكنهم كانوا مترددين في السماح لعملائهم بتوفير تلك الخدمات ديناميكيًا خوفًا من الإفراط في توفير الشبكة.

وبعد تجاوز "الصناعة 4.0"، يمكن أيضًا استخدام "تقسيم الشبكات" للفصل بين "خدمات/تطبيقات" متعددة. وثمة احتمال في أن يتم نشر مجموعة من التطبيقات المتخصصة بالإضافة إلى تقسيم شبكات الجيل الخامس وتقنيات الشبكة الافتراضية الخاصة (VPN) الكلاسيكية/التوجيه الافتراضي وإعادة التوجيه (VRF) لإنشاء شبكات خارجية كبيرة من شأنها توصيل المستخدمين بشكل مستقل عن الإنترنت العادي بخدمات معروفة وشائعة مثل Facebook و Netflix و Amazon وغيرها. ويأتي هذا على النقيض من الوقت الحالي، حيث يمكن للمستخدمين الوصول إلى جميع هذه الخدمات من خلال شبكة واحدة. فعوضًا عن ذلك، يمكن لأحد تطبيقات المستخدم الوصول إلى شريحة "Facebook" أو شريحة "Netflix" أو شريحة "Amazon" للحصول على خدمة أفضل عند الوصول إلى هذه الخدمات. وقد يكون هذا تطورًا للنموذج الحالي الذي ينشر فيه هؤلاء اللاعبون الكبار بالفعل ذاكرات CDN المؤقتة بالقرب من المستخدم النهائي في شبكات مزود خدمة الإنترنت (ISP). ستوفر شرائح الشبكة المنتشرة بهذه الطريقة شبكة مخصصة متصلة بعلامات QoS المقيدة، أي لم يعد الاتصال "أفضل جهد"، فالهاتف متصل مباشرة بشبكة المشغل العليا. بعبارة أخرى، لن يتصل الهاتف بعد ذلك بشبكة Facebook أو Netflix أو Amazon عبر الإنترنت ولكنه سيكون جزءًا من تلك شبكات كل من هذه المواقع.

وفي أعلى هرم جوانب حيادية الشبكة لهذا النشر والتوسع، فإن مضاعفة شرائح الشبكات هذه حسب كل تطبيق سوف يمثل انحرافًا كبيرًا عن مفهوم رئيسي للإنترنت: شبكة واحدة وتطبيقات متعددة. وفي هذا النموذج، سوف تكون هناك العديد من الشبكات المخصصة، واحدة لكل تطبيق. ويمكن للشرائح أن تستخدم أسماء وعناوين قادمة من نظام المعرفات الفريد عالميًا والذي تساعد ICANN في تنسيقه، بيد أن هذا ليس بالمطلب الفني. وبموجب طلب من مالك التطبيق، يمكن نشر وتطبيق هذه الشرائح من خلال استخدام مجموعة المعرفات المحددة من المالك بالإضافة إلى مساحة العنون ومساحة الاسم. وهذا السيناريو من شأنه زيادة تقسيم وانقسام الإنترنت.

وليس هناك ما يشير إلى أن هذا السيناريو مخطط له في مخططات نشر الجيل الخامس سواء الأولية أو اللاحقة. وعلاوة على ذلك، قد يختار المشغلون نشر وطرح شرائح الشبكة من خلال استخدام معرفات عالمية فريدة. وعلى هذا النحو، فإن المخاطر التي يسببها تقطيع الشبكة على تجزئة الإنترنت تبدو منخفضة في الوقت الحالي. ولكي يحدث السيناريو الموضح أعلاه، يجب على مزود محتوى مثل Facebook إقناع مشغلي شبكات الجيل الخامس التي تمثل نسبة كبيرة من قاعدة عملاء Facebook بإنشاء شريحة شبكة لمتطلبات Facebook ثم توصيل هذه الشريحة بشبكة توصيل المحتوى الخاصة بهم. من المحتمل أن يعتمد مثل هذا السيناريو على توازن القوى الكلي بين مزودي خدمة الإنترنت وبين كبار الجهات المؤثرة. وبالعودة إلى أواخر العقد الأول من القرن الحادي والعشرين، تصادف حدوث موقف مماثل. أبدى موفرو المحتوى رغبة في نشر محركات ذاكرة مؤقتة في أعماق شبكات ISP. وقد من المفترض أن يكون عرض النطاق الترددي المخصص في شركات تزويد خدمات الإنترنت محجورًا من أجل تغذية الذاكرة المؤقتة مباشرة من موفري المحتوى. وكان السؤال كالاتي: من الذي يتحمل تكاليف عرض النطاق الترددي هذا؟ موفر المحتوى الذي يستفيد من المستخدمين

النهائين بالقرب من محتواه، أو مزود خدمة الإنترنت الذي يستفيد من المحتوى بالقر من مستخدميه النهائيين؟ إن مزيجًا من الانخفاض في تكلفة عرض النطاق الترددي طويل المسافة والارتفاع في قدرة موفري المحتوى هؤلاء يعني أن هذا الذاكرات المؤقتة تمثل واقعًا الآن، وقد تم نشرها بشكل عام في أعماق شبكات ISP. وربما يكون إنشاء شرائح في الشبكات الخاصة مجرد تكرار لتلك المناقشة.

## 4.3 مواقف ICANN

تعتقد ICANN أن نموذج الإنترنت الواحد، القائم على نظام عالمي للمعرفات الفريدة، هو أفضل طريقة لتعظيم الفوائد التي يمكن للإنترنت تحقيقها. ثمة خطر يتمثل في أن تتطور المنصات الأساسية الشائعة للاستفادة من تقطيع وتقسيم الشبكات باستخدام نظام المعرفات الخاص بها. وإذا حدث ذلك، فسوف يتداعى الإنترنت إلى أجزاء وستستمر القاطرة الطويلة من التطبيقات الأقل شهرة في استخدام النظام العالمي للمعرفات الفريدة الخاص بالإنترنت.

## 5 هل ستظل أرقام الهواتف ذات صلة مع وجود الجيل الخامس؟ هل سيؤدي الجيل الخامس إلى طرح مجموعات جديدة من المعرفات؟ هل ستكون تلك المعرفات في نظام أسماء النطاقات؟

### 5.1 نبذة تعريفية

الاعتماد على تقنية الصوت عبر LTE (أو VoLTE) من أجل خدمات الصوت الأساسية، مقرّونًا بالأدوار الساندة في الوقت الحالي من الخدمات مثل WhatsApp وTelegram وFacetime وغيرها قد يرجح بأن أرقام الهاتف باتت من أنقاض الماضي.

وقد تتطلب اتصالات إنترنت الأشياء كذلك مجموعة مختلفة للغاية من المعرفات، سواء كانت مؤقتة أو دائمة، ومرتبكة بمختلف متطلبات الأمان والخصوصية.

والسؤال الذي يطرح نفسه هو: في الجيل الخامس، ما مجموعات المعرفات الجديدة -إن وجدت- المطلوبة، وهل ستكون تلك المعرفات مستندة إلى نظام أسماء النطاقات أم لا؛ وهل ما يزال بروتوكول الإنترنت (الإصدار الرابع أو السادس) ذا صلة؟

### 5.2 المناقشة

تُستخدم أرقام E.164<sup>6</sup> ضمن الشبكات الخلوية فقط من أجل تحديد خدمات المستخدم النهائي. وعلى المستوى الداخلي، ومنذ الجيل الثاني، فقد استخدمت الشبكات الخلوية معرفًا آخر، وهو هوية المشترك الجوال الدولي (IMSI)، من أجل توجيه المكالمات. وبالمثل، يستخدم تطبيق WhatsApp والتطبيقات المشابهة الأخرى رقم هاتف E.164 لتحديد المستخدمين ولكن تستخدم بروتوكول الإنترنت لنقل البيانات وإجراء المكالمات. وعلى هذا النحو، فإن E.164 ما يزال مستخدمًا في صورة هوية المستخدم النهائي.

لم يتم نشر النمط التعدادي<sup>7</sup> بكثرة خارج قابلية نقل وحركة أرقام الهاتف.

ولا توجد أية جسور بين مختلف أنظمة المراسلة الفورية (IM) ومنصات وسائط التواصل الاجتماعي. والسبب في ذلك أن تلك المنصات تتنافس مع بعضها بعضًا ولا ترى أية قيمة في التشغيل البيئي. على سبيل المثال، إذا أراد مستخدم على WhatsApp التواصل مع مستخدم على Telegram، فسيتعين على أحدهما على الأقل الاشتراك في الخدمة الأخرى وتنزيل التطبيق المناسب. وعلى هذا النحو، لن يكون لأي نظام دليل عام يطرح مجموعة جديدة من المعرفات التي يتم تعيينها إلى منصة مراسلة فورية أو منصة وسائط اجتماعية

<sup>6</sup> كما أن E.164 عبارة عن توصية من قطاع معايير الاتصالات في الاتحاد الدولي للاتصالات تحدد خطة ترقيم دولية للشبكة الهاتفية العمومية التبديلية العامة (PSTN).

<sup>7</sup> والنمط التعدادي عبارة عن تخطيط وتخصيص لرقم الهاتف E.164 في معرف مصدر موحد من خلال نظام أسماء النطاقات. تم تعريف النمط التعدادي في <https://tools.ietf.org/html/rfc6116> وفي <https://tools.ietf.org/html/rfc6117>.

معينة فائدة تذكر. واليوم، تستخدم الشركات المصنعة لأجهزة إنترنت الأشياء عادةً الأنظمة ذات الملكية الخاصة بهم لتحديد هذه الأجهزة ومعالجتها. ولدى الشركات المصنعة العديد من الخطط التي يمكنها الاختيار من بينها: الرقم التسلسلي للجهاز، ورقم IMEI<sup>8</sup> وعنوان MAC، ومعرّف DOA، أو شيء ذات ملكية خالصة. وغالبية تلك المعرّفات مرتبطة بالعتاد وهي دائمة بشكل أساسي. وقد تؤدي هذه الاستمرارية إلى مخاوف من حيث الخصوصية إذا كان من الممكن الحصول على تخصيص المعرّف المستمر على مالك/مستخدم الجهاز. وللتعامل مع هذه المشكلة، قد تكون هناك حاجة لاستخدام معرّفات مؤقتة على دراية بالخصوصية. وقد عكف مكتب المدير الفني المسؤول في ICANN على دراسة هذه المعرّفات المؤقتة أو الدائمة في نظام أسماء النطاقات، وتم تطوير النماذج الأولية وطرحها في اجتماع ICANN المنعقد في أبوظبي في تشرين الثاني/نوفمبر 2017 من أجل توضيح وإظهار جدوى استخدام نظام أسماء النطاقات بالنسبة لمعرّفات إنترنت الأشياء.

علمًا بأن الجيل الخامس -على غرار الجيل الرابع والإصدارات السابقة له- قد استفادت بشكل كبير من عناوين IPv4 وعناوين IPv6، بالإضافة إلى أسماء النطاقات. ستحتاج مزايا طرح أي نظام معرّفات جديد إلى تجاوز تعقيدات وتكاليف تطوير ونشر مثل هذا النظام الجديد مع الحفاظ على إمكانية التشغيل المتبادل مع أسماء النطاقات/عناوين IP الموجودة.

## 5.3 مواقف ICANN

ولا يبدو أن هناك حاجة واضحة لنظام معرّفات جديد للتطبيقات الكلاسيكية الموجهة للمستخدم باستخدام الجيل الخامس. ومع ذلك، فإن إنترنت الأشياء هو مجال يمكن أن يستفيد من المعرّفات العالمية الجديدة، خاصةً تلك التي يمكنها التعامل مع الخصوصية بشكل أفضل. علمًا بأنه يمكن تنفيذ هذه المعرّفات مباشرة داخل نظام أسماء النطاقات.

# 6 شبكة مجموعة التركيز لقطاع معايير الاتصالات في الاتحاد الدولي للاتصالات 2030

## 6.1 نبذة تعريفية

في حين أن قطاع معايير الاتصالات في الاتحاد الدولي للاتصالات غير مرتبط ارتباطًا مباشرًا بالجل الخامس (حتى الآن)، إلا أنه بدأ الآن جهدًا جديدًا في مجموعة تركيز 2030 المعنية بالشبكات<sup>9</sup> والهدف المعلن من ذلك هو تحديد بروتوكول شبكة جديد من الطبقة 3 (بديلاً عن بروتوكول الإنترنت). تم نشر وثيقة بيضاء<sup>10</sup> وتقرير فني<sup>11</sup> في 2019 مع نقطة بداية مفادها بأن بروتوكول التحكم في الإرسال/بروتوكول الإنترنت غير ملائم لتطبيقات المستقبل مثل الاتصالات المجسمة والاتصالات من جهاز إلى جهاز. وثمة عنصر أساسي سلطت شبكة 2030 الضوء عليه ألا وهو آلية التحكم في الوصول من أجل الانتقال لما هو أبعد من أفضل الجهود وضمان التأخر والتقلب. وتم إطلاق دعوة من أجل واجهة لبرمجة التطبيقات (API) وذلك من أجل تمكين التطبيقات من برمجة الشبكة مباشرة قبل البدء في الاتصالات، وذلك في مقابل قياس سمات نشر الشبكات والتكيف معها. وثمة عنصر تصميمي آخر ألا وهو تجميع تدفقات الاتصالات بحيث يمكن مشاركة نفس المصير في حالة احتقان الشبكة. وعنصر آخر يتمثل في السماح لعناصر طبقات الشبكة "بتخفيض رتبة" بعض تدفقات مرور البيانات في حالة حدوث احتقان الشبكة.

وبدلاً من استهداف شبكة كلية الوجود، فإن هذا الجهد الذي تقوم به مجموعة شبكة 2030 يهدف إلى إنشاء مجموعات مفصلة من الشبكات من أجل أفقيات محددة. قد يتمثل موقف عادي لأي جهاز على الشبكة في أن يتم توصيله بشبكات إنترنت "متعددة" ومخصصة، بدلاً من شبكة واحدة.

ملاحظة: تستهدف مجموعة عمل شبكة 2030 البنية التحتية للخطوط السلكية مع تسليط الضوء على الشبكات اللاسلكية في البنية التحتية "لما بعد الجيل الخامس"/الجيل السادس.

<sup>8</sup> كما أن IMSI (هوية المشترك الجوال الدولي) عبارة عن كود تستخدمه شركة الهاتف الخليوية من أجل تحديد هوية المشترك الجوال على شبكة الجوال. كما أن IMEI (هوية معدات المحطات المحمولة الدولية) عبارة عن "رقم مسلسل" دولي للجهاز نفسه.

<sup>9</sup> راجع <https://www.itu.int/en/ITU-T/focusgroups/net2030/Pages/default.aspx>

<sup>10</sup> راجع [https://www.itu.int/en/ITU-T/focusgroups/net2030/Documents/White\\_Paper.pdf](https://www.itu.int/en/ITU-T/focusgroups/net2030/Documents/White_Paper.pdf)

<sup>11</sup> راجع [https://www.itu.int/en/ITU-T/focusgroups/net2030/Documents/Deliverable\\_NET2030.pdf](https://www.itu.int/en/ITU-T/focusgroups/net2030/Documents/Deliverable_NET2030.pdf)



## 6.2 المناقشة

والادعاءات بأن بروتوكول التحكم في الإرسال/بروتوكول الإنترنت غير مناسب لبعض أنواع التطبيقات الجديدة الوافدة ليست بالجديدة. وفي واقع الأمر، فإنها تعاود الظهور في كل مرة يتم فيها طرح تنقية جديدة للوصول إلى الشبكة، مثل الخط الرقمي للمشارك DSL والألياف إلى المنزل (FTTH) والجيل الثالث والجيل الرابع والجيل الخامس إلخ. يُظهر السجل الحافل للجهود المبذولة لتحسين بروتوكول نقل TCP أن معظم الجهود تترك في النهاية أن TCP ما زال هو النهج الأفضل. ومع ذلك، قد يكون هناك وقت في المستقبل لا يكون فيه الوضع كذا، ربما عند إدارة الاتصالات بالمركبات الفضائية والكواكب والكائنات الأخرى النائية. ولا يعني هذا أنه لا توجد حاجة لبروتوكول نقل جديد بخلاف TCP؛ ففريق عمل هندسة الإنترنت IETF يبحث الخطة في جهوده الرامية إلى توحيد بروتوكول نقل QUIC<sup>12</sup> الذي يوفر -على سبيل المثال لا الحصر- مضاعفة دقة البيانات وتأسيس اتصال منخفض في مدة الاستجابة.

وقد استمرت المناقشات حول ضرورة (أو عدم ضرورة) طرح آليات التحكم لضمان جودة الخدمة منذ فجر أعمال الشبكات. في العقود القليلة الماضية، كانت الإجابة على هذه الأسئلة ببساطة "المزيد من عرض النطاق الترددي"، بدلاً من العودة إلى نموذج التواصل الموجه نحو الاتصال مثل شبكة الاتصالات الهاتفية القديمة، وفقاً لما تناهى به مجموعة عمل شبكة 2030.

لا يتطلب تجميع التدفقات معاً وتوفير واجهة برمجة تطبيقات جديدة للسماح للتطبيقات بالإبلاغ بشكل أفضل عن المتطلبات للشبكة الأساسية بروتوكولاً من طبقة جديدة. فقد تم بذل العديد من الجهود في تلك الاتجاهات في فريق عمل هندسة الإنترنت IETF. وتجدر الإشارة أيضاً إلى كيفية تنفيذ تكييف عرض النطاق الترددي لتدفق البيانات في شبكات توصيل محتوى الفيديو لسنوات عديدة، وذلك باستخدام مراحل طبقة للتطبيقات.

ويتمثل جزء كبير من تركيز وثائق مجموعة عمل شبكة 2030 في اتصالات آلة إلى آلة والتي تتطلب أقل من 10 ملي ثانية أو حتى أقل من 1 ملي ثانية ذهاباً وإياباً (RTT). وكما تشير الورقة الفنية التي نشرها مجموعة تركيز قطاع معايير الاتصالات في الاتحاد الدولي للاتصالات FG2030، فإن هذا الشرط مرتبط بسرعة الضوء. وقت الذهاب والإياب بمعدل 10 ملي ثانية هو حوالي 1,000 كيلومتر، أما 1 ملي ثانية فهو 100 كيلومتر. وعلى هذا النحو، فإننا نتحدث هنا عن شبكات المنطقة المحلية (أو في أفضل الأحوال الإقليمية) حيث يمكن نشر التقنيات المتخصصة والممارسات الهندسية لتلبية المتطلبات المحددة دون التأثير على الإنترنت العالمي.

تتشترك فكرة الأجهزة المتصلة بشبكات الإنترنت المتخصصة "المتعددة" في بعض المشكلات المحتملة نفسها التي تمت مناقشتها سابقاً في هذا المستند.

وتجدر الإشارة إلى أن المتطلبات وحالات الاستخدام الواردة في تقرير مجموعة الشبكة 2030 ليست مفصلة للغاية ولا تضع أساساً تقنياً قوياً للغاية لإثبات الحاجة إلى مجموعة بروتوكولات شبكات جديدة بالفعل. وعلى هذا النحو، يمكن اعتبار هذا العمل سابقاً لأوانه ولا يستند إلا إلى الخيال العلمي (مثل الاتصالات ثلاثية الأبعاد) أكثر من اعتماده على مشكلات الشبكات الحالية والفعالية. وتجدر الإشارة أيضاً إلى أن مجموعة التركيز هذه لا يبدو أنها تمثل قطاعاً عرضياً للصناعة بأكملها.

كان من المفترض أن تنهي مجموعة التركيز 2030 عملها في تشرين الثاني/نوفمبر 2019 ولكن تم منحها تمديدًا لمدة عام واحد.

ثمة أمر يجب ألا ننساه ألا وهو مدة صعوبة التي واجهناها في الانتقال من الإصدار الرابع من بروتوكول الإنترنت إلى الإصدار السادس من بروتوكول الإنترنت. وبعد أكثر من 20 عامًا منذ توحيد معايير IPv6 لأول مرة، لا يزال IPv6 بعيداً جداً عن الانتشار العالمي. وأي محاولة جديدة لاستبدال بروتوكول TCP/IP يجب أن تأخذ في الاعتبار الجداول الزمنية الممتدة على مدار عقود.

## 6.3 مواقف ICANN

على مر السنين، كان هناك عدد من المشاريع البحثية الأكاديمية التي تهدف إلى إعادة تعريف الشبكات من أجل تحقيق "إنترنت مستقبلي". وعلى الرغم من ذلك، فإن تطوير ووضع معايير الشبكات وبروتوكولات طبقات النقل مثل مجموعة بروتوكول التحكم في الإرسال/بروتوكول الإنترنت قد تلاهت من الناحية التقليدية في عالم فريق عمل هندسة الإنترنت وليس في قطاع معايير الاتصالات في الاتحاد الدولي للاتصالات. والأهم من ذلك، فإن أي محاولة جديدة لاستبدال بروتوكول TCP/IP يجب أن تأخذ في الاعتبار الجداول الزمنية الممتدة على مدار عقود وأي مزايا مزعومة يُفترض أن تفوق التعقيدات وتكاليف هذا الانتقال.

<sup>12</sup> راجع <https://datatracker.ietf.org/doc/draft-ietf-quic-transport/>

## 7 هل هناك فرص لحلول غير IP على مشارف طرح الجيل الخامس؟

### 7.1 نبذة تعريفية

تم اقتراح حلول غير IP على مشارف الجيل الخامس لمعالجة وقت الاستجابة المتصور أو القيود المزعومة في نموذج IP لدعم البيانات المقيدة مثل الأجهزة التي تعمل بالبطارية أو الشبكات منخفضة الطاقة/النطاق الترددي المنخفض، أو دعم التطبيقات الحساسة لوقت الاستجابة دعمًا صحيحًا.

### 7.2 المناقشة: هل يمكن نشر حلول غير بروتوكول الإنترنت في الجيل الخامس؟

يمكن شرح وتفصيل هذا السؤال بطرق مختلفة:

هل يمكن لجهازين من أجهزة الجيل الخامس، متصلين بنفس الحافة، الاتصال مباشرة، ربما باستخدام حلول غير IP في الطبقة 3؟

نعم، حاليًا. حدد الإصدار رقم 15 من نظام 3GPP<sup>13</sup> وحدة بيانات حزمة إيثرنت (PDU)، لذلك فإن جهازين متصلين بهذه الطريقة يمكنهما التحدث إلى بعضهما الآخر مباشرة في الطبقة 2 عبر إيثرنت أو تنفيذ أي بروتوكول من الطبقة 3 من اختيارهما، وليس بالضرورة IP. سيتعين على هذين الجهازين تنفيذ مجموعة بروتوكولات متخصصة. وهذا الأمر ممكن في سوق رأسي مثل اتصالات آلة إلى آلة (M2M) وذلك في سياق الصناعة 4.0.

هل يمكن لجهازين من أجهزة الجيل الخامس، متصلين بنفس الحافة، الاتصال مباشرة، ربما باستخدام امتدادات جديدة في الطبقة 2؟

ربما، في المستقبل القريب. يتطلع نظام 3GPP إلى تحديد ملف تعريف لدعم امتدادات الشبكات الحساسة للوقت (TSN)<sup>14</sup> إلى معيار IEEE 802.1<sup>15</sup> في الإصدار 16 من نظام 3GPP<sup>16</sup> وكما هو الحال في الحالة السابقة، سيتعين على هذين الجهازين تنفيذ مجموعة بروتوكولات متخصصة. وهذا الأمر ممكن في سوق رأسي مثل اتصالات آلة إلى آلة (M2M) وذلك في سياق الصناعة 4.0.

هل يمكن لجهاز من الجيل الخامس استخدام تقنية غير IP للتواصل مع خادم داخل مركز بيانات الحافة؟

نعم. سيتعين على الخادم تنفيذ مجموعة بروتوكولات متخصصة.

تجدر الإشارة إلى أن الحالات المذكورة أعلاه تنطبق فقط على الاتصالات الخاصة بين الأجهزة الخاضعة للرقابة الإدارية نفسها (أو ذات الصلة)، والقريبة نسبيًا من الناحية الجغرافية. إذا كانت نقطتا النهاية بعيدتين، فإن أي فوائد محسوسة لوقت الاستجابة من استبدال IP ستختفي بسبب قيود سرعة الضوء. وإذا تضمن الاتصال كيانات خاضعة لضوابط إدارية مختلفة، فإن تعقيدات إنشاء اتصالات تقنية وعلاقات العمل المناسبة بين الكيانات المختلفة ستجعل مثل هذا السيناريو صعبًا.

ä

ä

ä

<sup>13</sup> راجع <https://www.3gpp.org/release-15>

<sup>14</sup> راجع <https://1.ieee802.org/tsn/>

<sup>15</sup> راجع <https://1.ieee802.org>

<sup>16</sup> راجع <https://www.3gpp.org/release-16>

## 7.3 المناقشة: هل يمكن أن يعمل IP على الأجهزة المقيدة؟

كان فريق عمل هندسة الإنترنت (IETF) نشطاً جداً في جعل IP يعمل على شبكات مقيدة. على وجه الخصوص، حددت مجموعة العمل lowpan<sup>17</sup> ومجموعة العمل 6lo<sup>18</sup> اللاحقة لها امتدادات لتمكين IP على الأجهزة المقيدة من ناحية الموارد، مثل الأجهزة التي تعمل بالبطاريات أو الأجهزة التي تستخدم لاسلكي نطاق ترددي منخفض للغاية.

من بين تقنيات طبقة الارتباط المدعومة، يمكننا ذكر ما يلي: IEEE 802.15.4<sup>19</sup> المدعومة في RFC4944<sup>20</sup>، و ITU-T G.9959<sup>21</sup> (Zwave) المدعومة في RFC7428<sup>22</sup>، والطاقة المنخفضة للبلوتوث<sup>23</sup> (BLE) المدعومة في RFC7668<sup>24</sup>، والاتصالات اللاسلكية للتعريف الرقمي/الطاقة شديدة الانخفاض<sup>25</sup> (DECT-ULE) المدعومة في RFC8105<sup>26</sup>، وتمرير الرمز الفرعي المميز الرئيس<sup>27</sup> (MS/TP) المدعومة في RFC8163<sup>28</sup>، والاتصالات قرب المجال<sup>29</sup> (NFC) المدعومة في draft-ietf-6lo-nfc<sup>30</sup>، واتصال خط الطاقة<sup>31</sup> (PLC) المدعومة في draft-ietf-6lo-plc<sup>32</sup>. وقد تم تطبيق مختلف التقنيات، والتي تتراوح ما بين ضغط العنوان RFC3095<sup>33</sup>، RFC6282<sup>34</sup>، RFC7400<sup>35</sup>، تقسيم طبقة الرابط RFC4944<sup>36</sup>، تحسين مستوى البروتوكول (على سبيل المثال؛ تحسين اكتشاف IPv6 المجاور RFC6775<sup>37</sup>، تحسين التوجيه في الشبكات المقيدة، RFC6550<sup>38</sup>). حالات الاستخدام التي تصف IP في تلك البيئات المقيدة موصوفة في مسودة الوثيقة IETF-ietf-6lo-use-cases<sup>39</sup>.

## 7.4 المناقشة: كيف تأخذ في الاعتبار التطبيقات الحساسة لوقت الاستجابة في TCP/IP؟

يقوم معهد مهندسي الكهرباء والإلكترونيات (IEEE) بتعريف امتدادات الشبكات الحساسة للوقت (TSN)<sup>40</sup> إلى معيار IEEE 802.1<sup>41</sup>. قام فريق عمل هندسة الإنترنت، بالتعاون مع IEEE 802.1، بتأسيس مجموعة عمل الشبكات الحتمية (DETNET). ويهدف ميثاق مجموعة العمل هذه إلى العمل على "مسارات البيانات القطعية التي تعمل عبر القطاعات الموصولة بالطبقة 2 والموجهة بالطبقة 3، حيث يمكن أن يوفر هذا المسار حدوداً بشأن وقت الاستجابة والفقد والتباين في تأخر الحزم (الارتعاش) والموثوقية العالية".

<sup>17</sup> راجع <https://datatracker.ietf.org/wg/6lowpan/about/>

<sup>18</sup> راجع <https://datatracker.ietf.org/wg/6lo/about/>

<sup>19</sup> راجع <http://www.ieee802.org/15/pub/TG4.html>

<sup>20</sup> راجع <https://tools.ietf.org/html/rfc4944>

<sup>21</sup> راجع <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.9959>

<sup>22</sup> راجع <https://tools.ietf.org/html/rfc7428>

<sup>23</sup> راجع <https://www.bluetooth.com/learn-about-bluetooth/bluetooth-technology/radio-versions/>

<sup>24</sup> راجع <https://tools.ietf.org/html/rfc7668>

<sup>25</sup> راجع <https://www.ulealliance.org>

<sup>26</sup> راجع <https://tools.ietf.org/html/rfc8105>

<sup>27</sup> معيار ANSI رقم 2016-135، شبكة BACNET، وهو بروتوكول لاتصالات البيانات مخصص لبناء شبكات الأتمتة والتحكم

<sup>28</sup> راجع <https://tools.ietf.org/html/rfc8163>

<sup>29</sup> راجع <https://www.iso.org/standard/56692.html>

<sup>30</sup> راجع <https://datatracker.ietf.org/doc/draft-ietf-6lo-nfc/>

<sup>31</sup> راجع <https://standards.ieee.org/standard/1901-2010.html>

<sup>32</sup> راجع <https://tools.ietf.org/html/draft-ietf-6lo-plc-01>

<sup>33</sup> راجع <https://tools.ietf.org/html/rfc3095>

<sup>34</sup> راجع <https://tools.ietf.org/html/rfc6282>

<sup>35</sup> راجع <https://tools.ietf.org/html/rfc7400>

<sup>36</sup> راجع <https://tools.ietf.org/html/rfc4944>

<sup>37</sup> راجع <https://tools.ietf.org/html/rfc6775>

<sup>38</sup> راجع <https://tools.ietf.org/html/rfc6550>

<sup>39</sup> راجع <https://datatracker.ietf.org/doc/draft-ietf-6lo-use-cases/>

<sup>40</sup> راجع <https://1.ieee802.org/tsn/>

<sup>41</sup> راجع <https://1.ieee802.org>

وهناك زاوية أخرى لعمل فريق عمل هندسة الإنترنت في ذلك المجال ألا وهي<sup>42</sup> بروتوكول نقل QUIC الذي يوفر -على سبيل المثال لا الحصر- مضاعفة دفق البيانات وتأسيس اتصال منخفض في مدة الاستجابة.

## 7.5 مواقف ICANN

إن قطاعات معينة تستخدم شبكات الجيل الخامس الخاصة أو شرائح شبكات من شبكات الجيل الخامس العامة ليست سوى حالة خاصة من الشبكات ذات الملكية الخاصة. وفي الشبكات الخاصة ذات الملكية الخاصة، يتمتع الأشخاص بحرية الاستفادة من تقنيات معينة لا تستند إلى IP بدون أي تأثير على الإنترنت العالمي.

تشير ICANN إلى أن فريق عمل هندسة الإنترنت IETF قد قام بالفعل بعمل مكثف لجعل بروتوكول الإنترنت IP يعمل في بيئات مقيدة، مثل الأجهزة التي تعمل بالبطارية أو شبكات الطاقة المنخفضة جدًا/شبكات النطاق الترددي المنخفض جدًا في مجموعة العمل 6lowpan ومجموعة العمل 6lo اللاحقة لها، ودعم التطبيقات الحساسة لمدة الاستجابة في مجموعة عمل DETNET بالتعاون مع مجموعة الشبكات الحساسة لوقت IEEE. وهناك مثال آخر لمشاركة فريق عمل هندسة الإنترنت في بيئة حساسة لوقت الاستجابة وهو بروتوكول نقل QUIC الذي يوفر -على سبيل المثال لا الحصر- مضاعفة دفق البيانات وتأسيس اتصال منخفض في مدة الاستجابة.

<sup>42</sup> راجع <https://datatracker.ietf.org/doc/draft-ietf-quic-transport/>