هندسة الإتصالات الموحدة لخدمات

WAN / FAN / NAN

للشبكة الذكية

D2-310

تقديم

م. / غادة حسن محمود

م. / أحمد جابر أحمد

التصميم الجرافيكى

أ / سامح فضل

ترجمة

م./ بسمة محسن زكريا

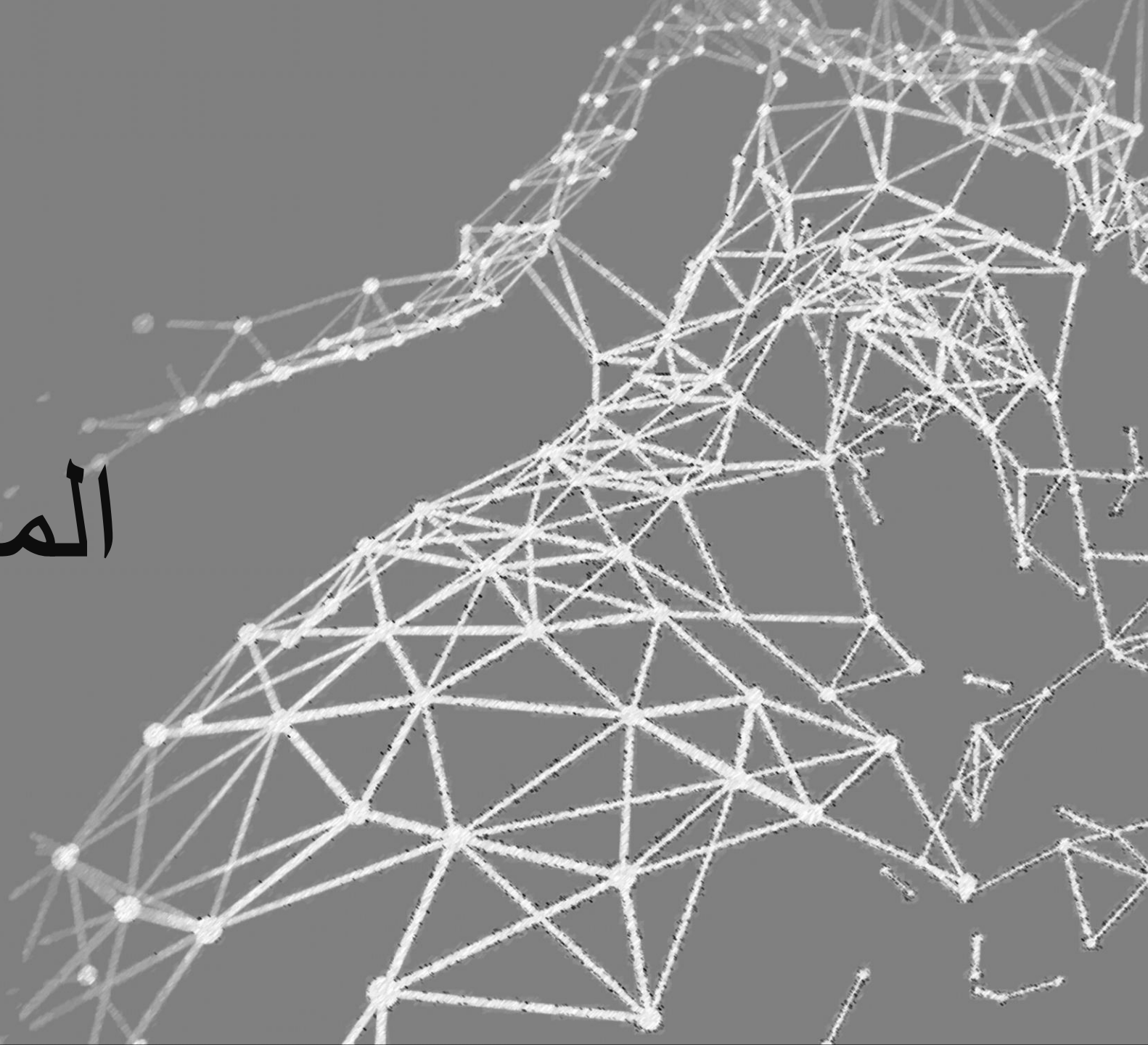
مراجعة

أ.د/ أهداب المرشدى

أ. / صفاء عبد الرحمن محمود

تواجه إنتاج الطاقة تحديات غير مسبوقة وتخضع لتغييرات جوهرية ، لا تؤثر فقط على هيكل الشبكة ولكن أيضًا على تشغيلها. تشير الاتجاهات الواضحة إلى أن المرافق تبحث عن تقنيات اتصال بتبديل الحزم **PACKET SWITCHING** مع معدل بيانات أعلى وزمن إنتقال أقل ومزامنة وقدرة اتصال تدعم على الأقل درجة واحدة أعلى من الأجهزة الطرفية / الأجهزة عبر الإنترنت ، وذلك لزيادة الكفاءة التشغيلية.

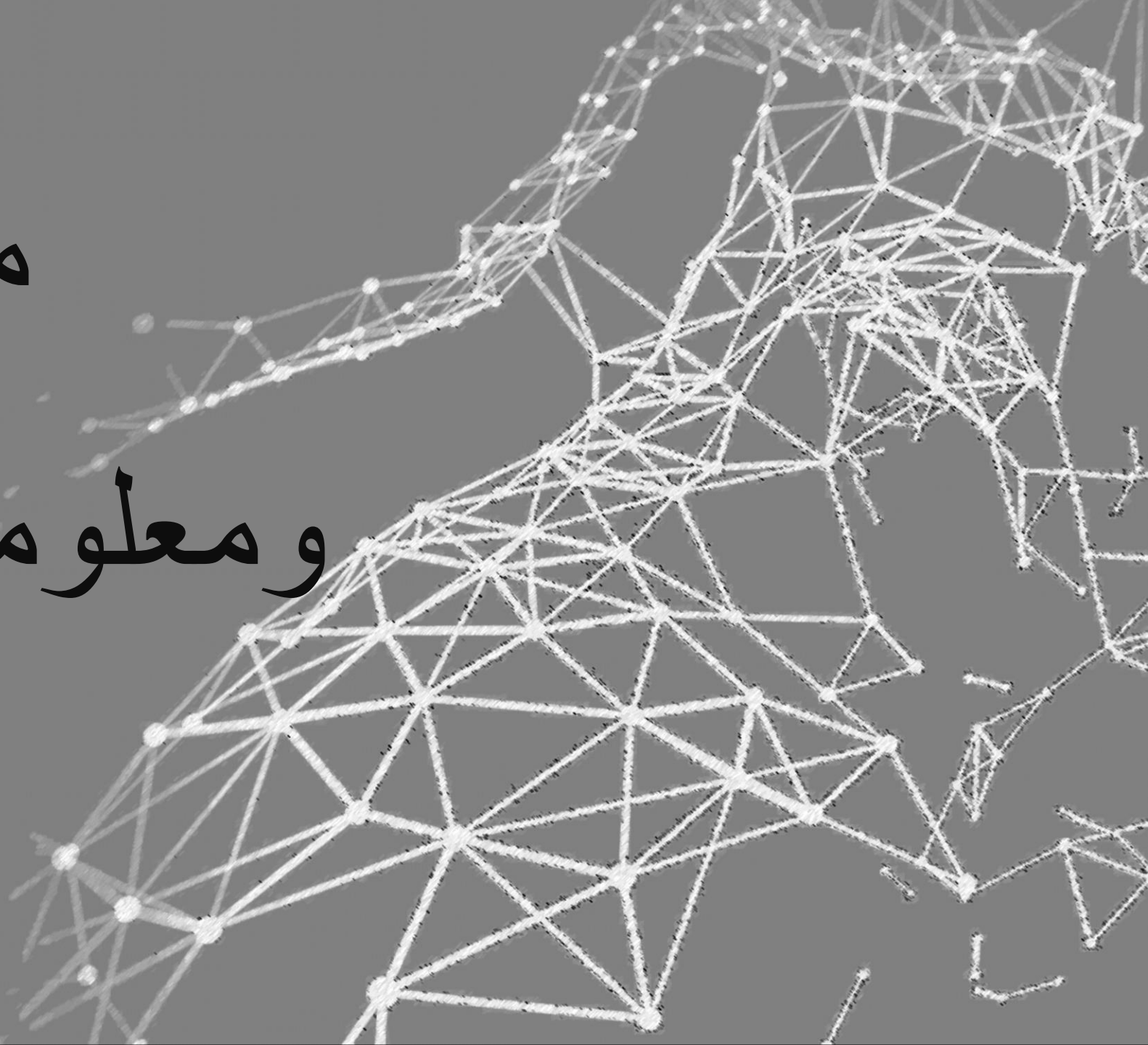
المحتوى



- المقدمة
- تصميم شبكة **WAN** / **FAN** / **MAN**
- الخدمات النموذجية لشبكة **WAN** / **FAN** / **MAN**
- نتائج التصميم الفنى والأداء
- التوزيع الزمنى عبر شبكات الإتصالات **5G**
- الخلاصة

مقدمة

ومعلومات أساسية

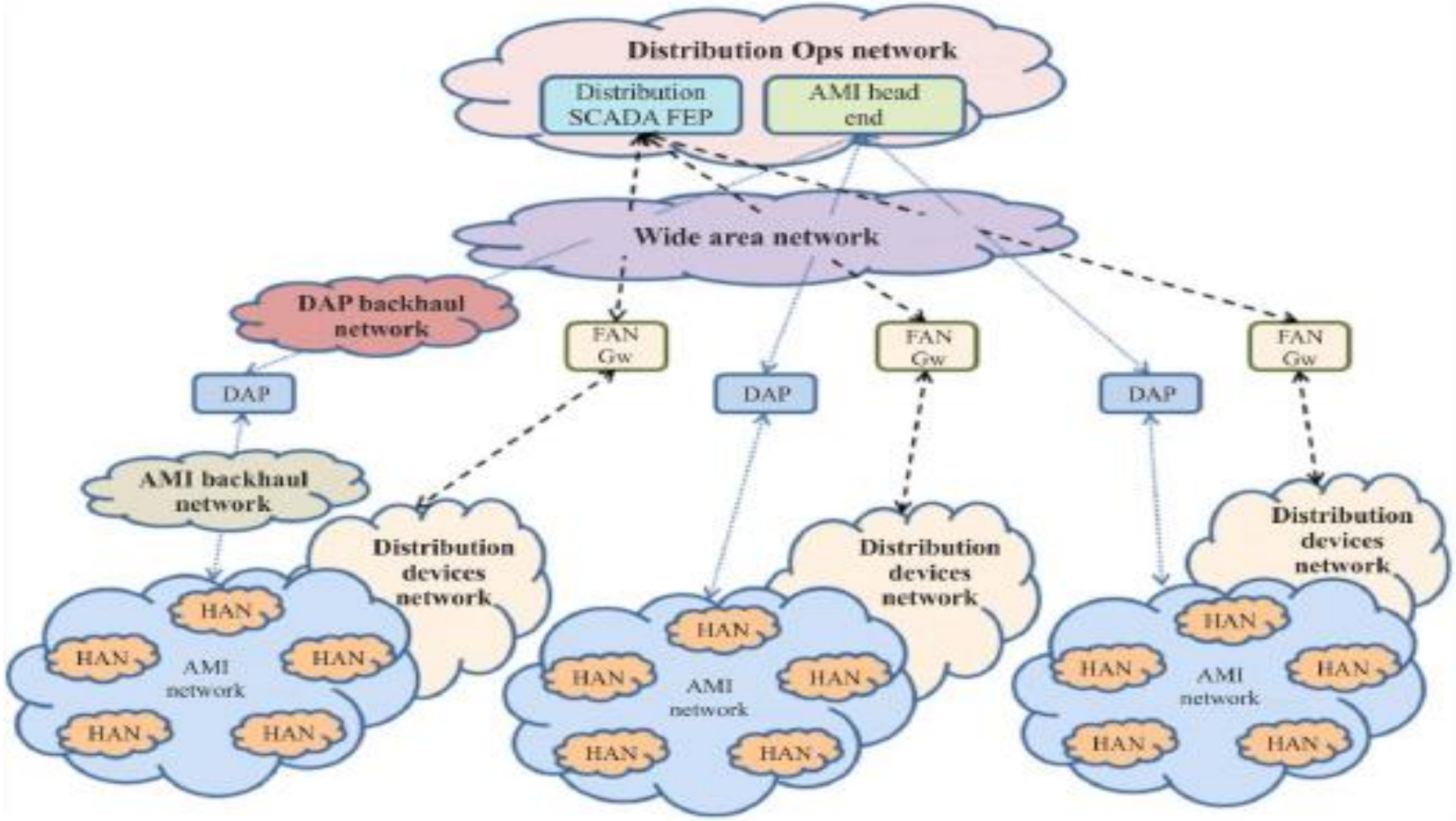


- تطوير الشبكة الذكية هو الاتجاه العام لصناعة الطاقة وتعد إنترنت الأشياء والكهرباء (IoT-E) في كل مكان مخططًا للبنية التحتية للشبكة الذكية .
- تحتوي IoT-E على أربع طبقات ، وهي الطبقةالحسية وطبقة الشبكة وطبقة النظام الأساسي وطبقة التطبيق ، تعد تقنية الاتصالات مرفقًا أساسيًا في طبقة الشبكة ، حيث توفر اتصالاً شاملاً في إنترنت الأشياء .
- **تقسم خدمات الشبكة الذكية إلى فئتين :**
  - ✓ خدمات أتمتة التوزيع .
  - ✓ خدمات استخدام الطاقة .

- تدعم أتمتة التوزيع مراقبة المؤشرات عن بُعد والقياس عن بُعد والتحكم عن بُعد في أجهزة التوزيع مثل المفاتيح وأجهزة حماية التسرب وكاشفات البيئة تعمل إجراءات المراقبة والتحكم هذه على تقليل معدل الخطأ في شبكة توزيع الطاقة بشكل فعال وبالتالي تحسين موثوقية مصدر الطاقة بشكل كبير .
- تكنولوجيا الاتصالات السائدة في شبكة الشبكة التقليدية هي أنظمة الاتصالات الراديوية ضيقة النطاق

تصميم شبكة

WAN / FAN / NAN



Reference Architecture of Smart Grid Network

الخدمات النموذجية لشبكة

WAN / FAN / NAN

من منظور وظيفي :

- ✓ تتعامل HAN / NAN / FAN بشكل أساسي مع الاتصال المحلي مع عدد هائل من الأجهزة الطرفية ، مقترنة أحيانًا بالطلب القوي على التغطية العميقة حيث يمكن نشر المحطات في بيئات قاسية للإتصالات اللاسلكية ، مثل ممرات البناء والطوابق السفلية من ناحية أخرى .
- ✓ توفر WAN تغطية لمسافات طويلة وقدرة نقل كبيرة للبيانات التي يتم جمعها وتجميعها من جميع الأجهزة الطرفية في HAN / NAN / FAN .

من منظور الخدمة :

تشمل خدمات توزيع الطاقة بشكل أساسي مراقبة المؤشرات والقياس عن بعد والتحكم عن بعد في جهاز التوزيع مثل المحولات switch line ، لضمان سلامة وجودة إنتاج الكهرباء ، مما يترجم إلى موثوقية عالية ومتطلبات زمن انتقال منخفض لشبكة الاتصالات .

- تتعامل خدمات استخدام الطاقة بشكل أساسي مع الحصول على المعلومات مثل القياس وتقارير أجهزة الاستشعار تكمن المتطلبات الأساسية في دعم عدد كبير من المحطات ذات السعة العالية والتكلفة المنخفضة والاستهلاك المنخفض للطاقة.
- تتطلب وحدات الحماية التفاضلية DP وقياس الطور PMUs بيانات عينات لكميات نظام الطاقة ، مثل التيار والجهد والتردد ويجب أن تكون متطلبات المزامنة أقل من 50 µs للحماية التفاضلية الحالية وأقل من 1 µs لوحدات إدارة المشروع .

التصميم الفنى

IOT-G

ونتائج الأداء

- إنترنت الأشياء (IoT-G) هى تقنية اتصالات لاسلكية مبتكرة لشبكة WAN فهى تدعم زمن انتقال الاتصال اللاسلكي على مستوى ميلي ثانية ، والعزل الكامل عن الموارد للخدمات في منطقة الإنتاج ومنطقة الإدارة من أجل التعايش بين الخدمات المتعددة ، والتعايش المتناغم مع تقنية النطاق الضيق الحالية قيد التشغيل ، ودعم السعة العالية و تغطية عميقة لتطبيقات الشبكة الذكية .

- الدعم الموسع لـ IoT-G لتغطية اتصالات HAN / NAN / FAN في وقت واحد ، والتي توفر بشكل أساسي قدرة الاتصال متعدد القفزات ، كتقنية مرشحة واعدة لعقدة البوابة (FAN Gw أو DAP) التي تربط طبقتين من الشبكات .

تحديات تصميم IOT-G

- **التعقيد**

أنظمة إنترنت الأشياء ذات النطاق الضيق حساسة للتكلفة - ونظام IoT-G ليس استثناءً دعم ميزة القفزات المتعددة لمكالمات IoT-G يتطلب تعقيد منخفض للغاية لتقليل التكلفة .

- **التداخل عبر الوصلات**

يتسبب في حدوث تداخل قوي مع الأجهزة التي تستقبل الإشارة في نفس الوقت .

- **حمل الإشارات**

تزداد عبء الإشارة بشكل أكبر في الشبكة متعددة القفزات مقارنة بشبكة القفزة الواحدة .

الميزات التقنية IOT-G

- **الرابط المباشر** : رابط الاتصال بين عقدة البوابة إلى WAN
- **الرابط غير المباشر** : رابط الاتصال بين عقدة البوابة إلى HAN / NAN / FAN

الميزة رقم 1 : تصميم الطبقة المادية للوصلة غير المباشرة :

- هيكل الإطار للوصلة غير المباشرة متماثل بين UL و DL .
- أعيد تصميم القنوات المادية للوصلة الصاعدة غير المباشرة لتكون بنفس تنسيق القنوات المادية للوصلة الهابطة المباشرة .

يمكن لأجهزة ترحيل IoT-G إعادة استخدام عملية الاستقبال لقنوات DL المباشرة أثناء استقبال قنوات UL غير المباشرة ، مما يقلل بشكل كبير من التعقيد ويمكن لشبكة IoT-G متعددة القفزات أن تدعم التمديد المرن لرقم القفزة ، وإتاحة وضعية تقسيم التردد .

IoT-G Multi-hop Timing Sequence

الميزة رقم 2 : تحسين مكدس بروتوكول القفزات المتعددة لحزمة البيانات غير الدورية والصغيرة :

- شبكة IoT-G متعددة القفزات تخدم العديد من خدمات شبكة الطاقة ، مثل أتمتة التوزيع والحصول على المعلومات وتتميز هذه الخدمات ببيانات غير دورية وصغيرة .
- يمكن أن يكون هناك عدد هائل من المحطات المتصلة بالشبكة بشكل غير مباشر ، مما يجعل الشبكة حساسة للإشارة أيضًا ، كلا الجانبين يحفزنا على تصميم بروتوكول أبسط وخفيف يلبي الخصائص الفريدة لخدمات إنترنت الأشياء .
- تم تصميم رصة بروتوكولات IoT-G بناءً على رصة بروتوكول مشروع شراكة الجيل الثالث (3GPP) 5G New Ratio (NR) من أجل مستوى المستخدم ومستوى التحكم .
- مستوى الاستخدام ، يبلغ مستوى حمل NR IAB للمستوى العلوي 70 بايت على الأقل ، تم تقديم توجيه مبسط وآلية تحديد تدفق QoS في IoT-G ، لتقليل الحمل بنسبة 90 ٪ مع حمل بروتوكول مستوى المستخدم .
- مستوى التحكم يمثل عنق الزجاجة الرئيسي في المقدار الكبير للإشارة من العدد الكبير المحتمل للأجهزة الطرفية وتتمثل المساهمة الرئيسية المقدمة في تحديد إشارات التحكم التي لا تحتاج إلى نقلها إلى مركز التحكم .

الميزة رقم 3 : عقدة مرحل مزدوج كبديل احتياطى :

- يتم إستخدام جهاز التكرار ، المشار إليه باسم البديل الإحتياطي ، بجانب عقدة بوابة في وضع العمل المشار إليه باسم Master يتم إقران السيد والبديل الاحتياطي مع بعضهما البعض عندما يتوقف السيد عن العمل ، سيكون النسخ الاحتياطي بمثابة سيد ويضمن استمرارية الخدمة .

- يحتوي بروتوكول القفزات المتعددة IoT-G على سلسلة من إجراءات الإشارات الاختيارية ، مثل إجراءات الإبلاغ عن معلومات الأزواج والوصول المتكامل وتنشيط وظيفة التوصيل وإلغاء التنشيط ، لتسهيل النشر والإدارة عن بُعد والصيانة للأزواج الضخمة من الجهاز الرئيسي والبديل الاحتياطي في الشبكة .

أداء اختبار IOT-G

Test Results of IoT-G

Test case	Test metric	Lab test	Field test
Terminal peak rate	Uplink peak rate per 25 kHz	37.9 kbps	35 kbps
	Downlink peak rate per 25 kHz	33.9 kbps	31.3 kbps
Cell capacity	Uplink throughput	10 Mbps / 7 MHz	820 kbps / 3 terminals
	Downlink throughput	8.8 Mbps / 7 MHz	700 kbps / 3 terminals
	Maximum number of connected users per cell	4131	-
Air interface latency	Uplink air interface latency	20 ms	25 ms
	Downlink air interface latency	18 ms	35 ms

التوزيع الزمنى عبر شبكات الإتصالات

5G

كيف يعمل ونتائج الأداء

توقيت توزيع شبكة الاتصالات :

- **نظام التوقيت المخصص :** يستخدم كابلات مخصصة لنشر إشارات زمنية مثل رمز وقت (IRIG-B) IRIG B أو PPS -1 .
- **نظام التوقيت الشبكي :** يستخدم شبكة بيانات لتوزيع مرجع زمني مثل بروتوكول وقت الشبكة NTP أو بروتوكول وقت الشبكة البسيط SNTP أو بروتوكول الوقت الدقيق PTP .

ستكون شبكة الاتصالات ، باعتبارها بنية تحتية أساسية للإتصالات اللاسلكية ، قادرة على دعم التوزيع المرجعي الزمني بغض النظر عن مصدر الاستحواذ ، أي إما من نظام توقيت مخصص أو نظام توقيت شبكي .

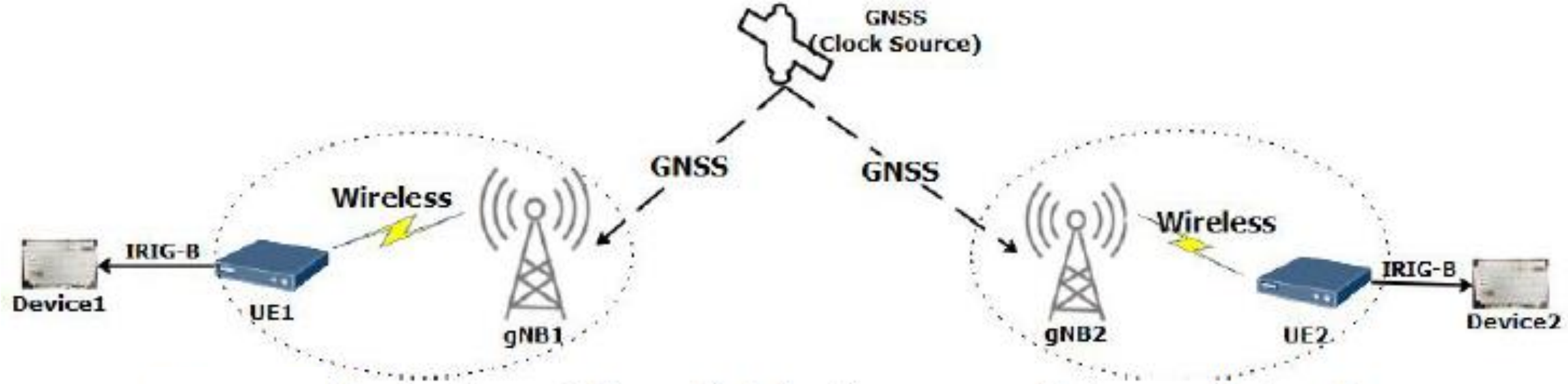


Illustration of Time Distribution over a Telecom Network

احد العناصر التقنية المهمة التي قدمتها شبكة الاتصالات 5G هو التدبير لمواجهة / تعويض تأخيرات الانتشار ، التي تحدث عندما توزع محطة القاعدة مرجعًا زمنيًا لاسلكيًا على مسافة المطراف البعيدة. يتم تحقيق ذلك بشكل أساسي من خلال الاستفادة من الإجراء الناضج للقياس المسبق للتوقيت ، والذي يعد بالفعل لبنة أساسية وظيفية لشبكة الاتصالات ، مدعومة منذ شبكة 2G في عام 2003 .

المرجع الزمني الموزع لتجهيزات المستعمل هو مجموع الوقت المرجعي للمحطة الأساسية بالإضافة إلى تأخير انتشار الوصلة الهابطة ، أي TUE = TBS + TDL حيث TDL = TA / 2 و TA هو تقدم التوقيت قياس .

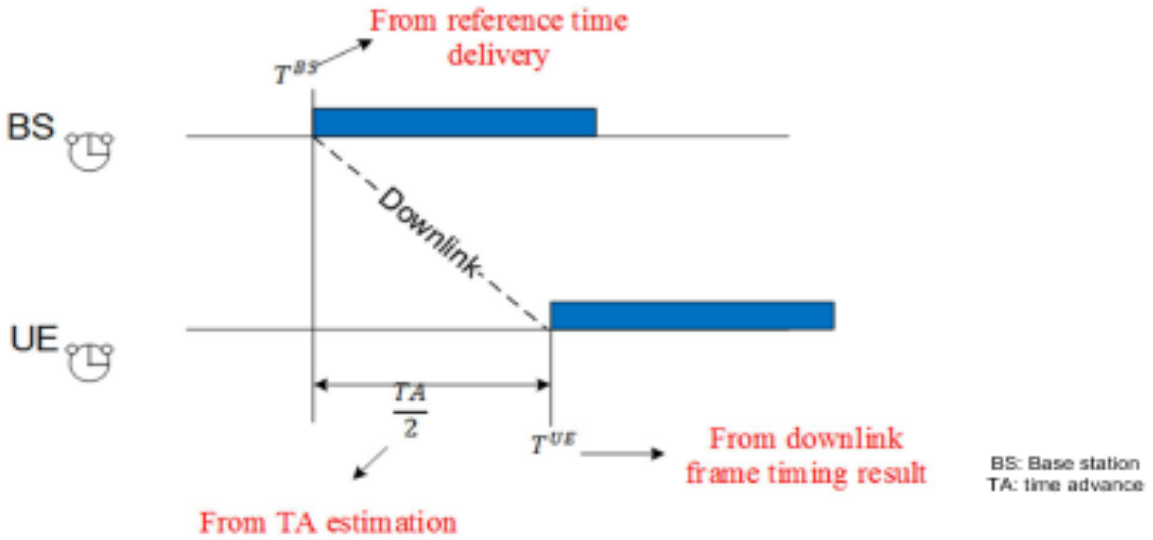
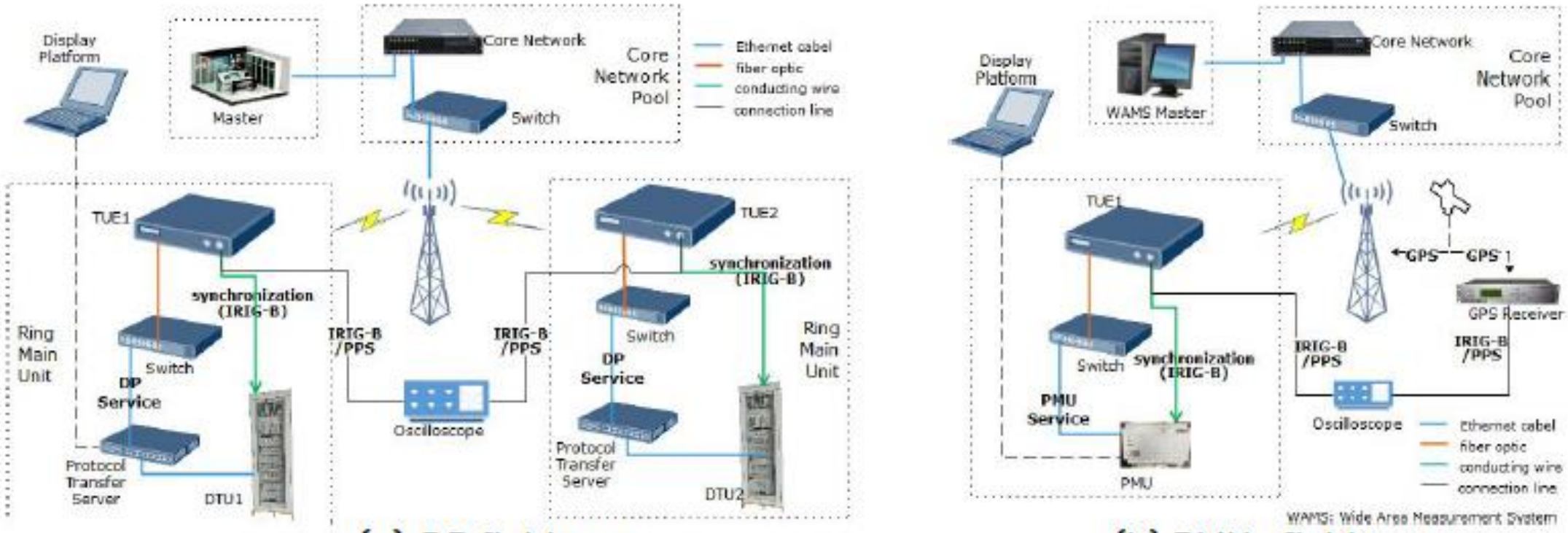


Figure 3 Procedure of time distribution between UE and gNB accounting propagation delay

- تم إجراء الاختبارات الميدانية لاختبار طريقة مزامنة الوقت عالية الدقة القائمة على شبكة 5G .
- تم إجراء الاختبارات على نطاق تردد 3.5 جيجا هرتز .



(a) DP field test

(b) PMUs field test

Field fest network architecture for the communication system

- **الأختبار الميدانى DP : ظهر السجلات أن خطأ المزامنة بين TUE1و TUE2 أقل من 300 نانوثانية ، ومتوسط زمن الانتقال من طرف إلى طرف في توزيع الوقت عبر شبكة الاتصالات 5G أقل من 9 مللي ثانية .**

- **في الاختبار الميداني PMU : تظهر السجلات أن خطأ المزامنة أقل من 300 نانوثانية ، وأن متوسط زمن الإنتقال من طرف إلى طرف في توزيع الوقت عبر شبكة الاتصالات 5G أقل من 7 مللي ثانية.**

الخلاصة

- تمت مناقشة تجربة الإختبار الميداني لمشروعين تجريبيين للشبكات الذكية تم إجراؤهما مؤخرًا في الصين .

- يهدف المشروع التجريبي الأول إلى اختبار IoT-G، وهو إطار موحد لتكنولوجيا الاتصالات اللاسلكية لكل من خدمات HAN / FAN / NAN / WAN .

  ✓ تدعم الإرسال multihup .

  ✓ قادرة على تجميع طيف المرافق "المجزأ والضيق النطاق لتحقيق أداء إرسال broudband وحدوث التاخير المنخفض ، وتحقيق زمن انتقال air interface يبلغ 50 مللي ثانية ، و throughput تزيد عن 500 بت في الثانية ، و packet transmission reliability موثوقية نقل الحزمة بنسبة 99.99٪ .

  ✓ يتم نشر إنترنت الأشياء على نطاق واسع في الصين وسيتم نشرها قريبًا في البرازيل وتايلاند.

- يوضح المشروع التجريبي الثاني أن شبكة الاتصالات 5G تحقق دقة مزامنة تبلغ 300 نانومتر وأقل من 9 مللي ثانية من التأخير من طرف إلى طرف لتوزيع الوقت للتفاضل خدمة الحماية وخدمة PMU مما يشير إلى أن استخدام التوزيع عن بعد لإشارات التوقيت هو مرشح واعد كاحتياطي للساعات المحلية .

شكراً لسيادتكم