الاتحـــــــــــاد الدولـــــــــــي للاتصـــــــــــالات

ITU-T

قطاع تقييس الاتصالات
في الاتحاد الدولي للاتصالات

E.806
(2019/06)

السلسلة E: التشغيل العام للشبكة والخدمة الهاتفية وتشغيل الخدمات والعوامل البشرية

نوعية خدمات الاتصالات: مفاهيمها ونماذجها وأهدافها والتخطيط لضمان تشغيلها – المصطلحات والتعاريف المتعلقة بنوعية خدمات الاتصالات

حملات القياس وأنظمة المراقبة ومنهجيات أخذ العينات لمراقبة جودة الخدمة في شبكات الاتصالات المتنقلة

التوصية ITU-T E.806

الاتحاد الدولي للاتصالات

توصيات السلسلة E الصادرة عن قطاع تقييس الاتصالات

التشغيل العام للشبكة والخدمة الهاتفية وتشغيل الخدمات والعوامل البشرية

التشغيل الدولي	
تعاريف	E.103-E.100
أحكام ذات صفة عامة تتعلق بالإدارات	E.119-E.104
أحكام ذات صفة عامة تتعلق بالمستعملين	E.139-E.120
تشغيل الخدمات الهاتفية الدولية	E.159-E.140
خطة ترقيم الخدمة الهاتفية الدولية	E.169-E.160
خطة التسيير الدولي	E.179-E.170
النغمات المستعملة في الأنظمة الوطنية للتشوير	E.189-E.180
خطة ترقيم الخدمة الهاتفية الدولية	E.199-E.190
الخدمة المتنقلة البحرية والخدمة المتنقلة البرية العمومية	E.229-E.200
أحكام التشغيل المتعلقة بالترسيم والمحاسبة في الخدمة الهاتفية الدولية	
الترسيم في الخدمة الهاتفية الدولية	E.249-E.230
قياس مدد المحادثة وتسجيلها من أجل المحاسبة	E.269-E.260
استعمال الشبكة الهاتفية الدولية للتطبيقات غير الهاتفية	
اعتبارات عامة	E.319-E.300
إبراق الصور	E.329-E.320
أحكام الشبكة ISDN بخصوص المستعملين	E.349-E.330
خطة التسيير الدولي	E.399-E.350
إدارة الشبكة	
إحصاءات بشأن الخدمة الدولية	E.404-E.400
إدارة الشبكة الدولية	E.419-E.405
مراقبة نوعية الخدمة الهاتفية الدولية	E.489-E.420
هندسة الحركة	
قياس الحركة وتسجيلها	E.505-E.490
تنبؤات بأحوال الحركة	E.509-E.506
تحديد عدد الدارات بالتشغيل اليدوي	E.519-E.510
تحديد عدد الدارات بالتشغيل الأوتوماتي وشبه الأوتوماتي	E.539-E.520
رتبة الخدمة	E.599-E.540
تعاريف	E.649-E.600
هندسة حركة الشبكات المستعملة لبروتوكول الإنترنت	E.699-E.650
هندسة حركة الشبكات ISDN	E.749-E.700
هندسة حركة شبكات الاتصالات المتنقلة	E.799-E.750
نوعية خدمات الاتصالات: المفاهيم والنماذج والأهداف وتخطيط ضمان أمن التشغيل	
المصطلحات والتعاريف المتعلقة بجودة خدمات الاتصالات	**E.809-E.800**
نماذج لخدمات الاتصالات	E.844-E.810
أهداف ومفاهيم جودة خدمات الاتصالات	E.859-E.845
استخدام أهداف جودة الخدمة في تخطيط شبكات الاتصالات	E.879-E.860
جمع وتقويم معطيات التشغيل المتعلقة بأداء المعدات والشبكات والخدمات	E.899-E.880
توصيات أخرى	E.999-E.900
التشغيل الدولي	
خطة ترقيم الخدمة الهاتفية الدولية	E.1199-E.1100
إدارة الشبكة	
إدارة الشبكة الدولية	E.4199-E.4100

لمزيد من التفاصيل يرجى الرجوع إلى قائمة التوصيات الصادرة عن قطاع تقييس الاتصالات.

التوصية ITU-T E.806

حملات القياس وأنظمة المراقبة ومنهجيات أخذ العينات لمراقبة جودة الخدمة في شبكات الاتصالات المتنقلة

ملخص

تصف التوصية ITU-T E.806 إطار خط أساس أفضل الممارسات لقياس جودة الخدمة (QoS) في شبكات الاتصالات المتنقلة. وهي تقدم نظرة عامة إجمالية على حملات القياس وخصائص ومتطلبات أنظمة المراقبة والتوصيات العامة بشأن المعالجة اللاحقة ومنهجيات أخذ العينات لمراقبة الخدمات الإلكترونية المتنقلة.

وهذه التوصية محايدة من الناحية التكنولوجية، ولكنها قد تحدد متطلبات مختلفة حسب الخدمات الجاري قياسها.

التسلسل التاريخي

الطبعة	التوصية	تاريخ الموافقة	لجنة الدراسات	معرف الهوية الفريد*
1.0	ITU-T E.806	2019-06-29	12	11.1002/1000/13924

مصطلحات أساسية

مؤشر أداء رئيسي (KPI)، حملات القياس، شبكات الاتصالات المتنقلة، أنظمة المراقبة، جودة الخدمة (QoS)، منهجيات أخذ العينات.

* للنفاذ إلى توصية، ترجى كتابة العنوان http://handle.itu.int/ في حقل العنوان في متصفح الويب لديكم، متبوعاً بمعرف التوصية الفريد. ومثال ذلك، http://handle.itu.int/11.1002/1000/11830-en.

تمهيد

الاتحاد الدولي للاتصالات وكالة متخصصة للأمم المتحدة في ميدان الاتصالات وتكنولوجيات المعلومات والاتصالات (ICT). وقطاع تقييس الاتصالات (ITU-T) هو هيئة دائمة في الاتحاد الدولي للاتصالات. وهو مسؤول عن دراسة المسائل التقنية والمسائل المتعلقة بالتشغيل والتعريفة، وإصدار التوصيات بشأنها بغرض تقييس الاتصالات على الصعيد العالمي.

وتحدد الجمعية العالمية لتقييس الاتصالات (WTSA) التي تجتمع مرة كل أربع سنوات المواضيع التي يجب أن تدرسها لجان الدراسات التابعة لقطاع تقييس الاتصالات وأن تُصدر توصيات بشأنها.

وتتم الموافقة على هذه التوصيات وفقاً للإجراء الموضح في القرار 1 الصادر عن الجمعية العالمية لتقييس الاتصالات.

وفي بعض مجالات تكنولوجيا المعلومات التي تقع ضمن اختصاص قطاع تقييس الاتصالات، تُعد المعايير اللازمة على أساس التعاون مع المنظمة الدولية للتوحيد القياسي (ISO) واللجنة الكهرتقنية الدولية (IEC).

ملاحظة

تستخدم كلمة "الإدارة" في هذه التوصية لتدل بصورة موجزة سواء على إدارة اتصالات أو على وكالة تشغيل معترف بها.

والتقيد بهذه التوصية اختياري. غير أنها قد تضم بعض الأحكام الإلزامية (بهدف تأمين قابلية التشغيل البيني والتطبيق مثلاً). ويعتبر التقيّد بهذه التوصية حاصلاً عندما يتم التقيّد بجميع هذه الأحكام الإلزامية. ويستخدم فعل "يجب" وصيغ ملزمة أخرى مثل فعل "ينبغي" وصيغها النافية للتعبير عن متطلبات معينة، ولا يعني استعمال هذه الصيغ أن التقيّد بهذه التوصية إلزامي.

حقوق الملكية الفكرية

يسترعي الاتحاد الانتباه إلى أن تطبيق هذه التوصية أو تنفيذها قد يستلزم استعمال حق من حقوق الملكية الفكرية. ولا يتخذ الاتحاد أي موقف من القرائن المتعلقة بحقوق الملكية الفكرية أو صلاحيتها أو نطاق تطبيقها سواء طالب بها عضو من أعضاء الاتحاد أو طرف آخر لا تشمله عملية إعداد التوصيات.

وعند الموافقة على هذه التوصية، لم يكن الاتحاد قد تلقى إخطاراً بملكية فكرية تحميها براءات الاختراع يمكن المطالبة بها لتنفيذ هذه التوصية. ومع ذلك، ونظراً إلى أن هذه المعلومات قد لا تكون هي الأحدث، يوصى المسؤولون عن تنفيذ هذه التوصية بالاطلاع على قاعدة البيانات الخاصة ببراءات الاختراع في مكتب تقييس الاتصالات (TSB) في الموقع http://www.itu.int/ITU-T/ipr/.

© ITU 2020

جميع الحقوق محفوظة. لا يجوز استنساخ أي جزء من هذه المنشورة بأي وسيلة كانت إلا بإذن خطي مسبق من الاتحاد الدولي للاتصالات.

جدول المحتويات

الصفحة

1 مجال التطبيق 1
2 المراجع 1
3 التعاريف 2
1.3 المصطلحات المعرَّفة في وثائق أخرى 2
2.3 المصطلحات المعرفة في هذه التوصية 2
4 الاختصارات والاختزالات 3
5 الاصطلاحات 3
6 حملات القياس لمراقبة جودة الخدمة 3
1.6 بيئة القياس 3
2.6 منهجيات القياس 4
3.6 مبادئ توجيهية لقياس معلمات جودة الخدمة على شبكات الاتصالات المتنقلة 6
7 خصائص ومتطلبات أنظمة المراقبة 11
8 توصيات عامة بشأن المعالجة اللاحقة 12
9 منهجيات أخذ العينات 12
الملحق A – إرشادات إحصائية للحصول على نتائج ذات صفة تمثيلية 14
1.A عينات ذات صفة تمثيلية لمراقبة جودة الخدمة على المستوى الوطني 14
2.A اختبار الفرضيات 16
بيبليوغرافيا 18

حملات القياس وأنظمة المراقبة ومنهجيات أخذ العينات لمراقبة جودة الخدمة في شبكات الاتصالات المتنقلة

1 مجال التطبيق

تصف هذه التوصية إطاراً أساسياً لأفضل الممارسات في قياس جودة الخدمة (QoS) في جميع دوائر الصناعة، وتغطي حملات قياس جودة الخدمة لشبكة الاتصالات المتنقلة وخصائصها ومتطلباتها لأنظمة المراقبة وسيناريوهات المعالجة اللاحقة، فضلاً عن منهجيات أخذ العينات التي يستخدمها المنظمون وباعة معدات الاختبار والشركات التي تقدم قياسات الشبكة ومحللو البيانات ومقدمو الخدمات لمراقبة جودة الخدمة على المستوى الوطني.

2 المراجع

تتضمن التوصيات التالية لقطاع تقييس الاتصالات وغيرها من المراجع أحكاماً تشكل من خلال الإشارة إليها في هذا النص جزءاً لا يتجزأ من هذه التوصية. وقد كانت جميع الطبعات المذكورة سارية الصلاحية في وقت النشر. ولما كانت جميع التوصيات والمراجع الأخرى تخضع إلى المراجعة، يرجى من جميع المستعملين لهذه التوصية السعي إلى تطبيق أحدث طبعة للتوصيات والمراجع الأخرى الواردة أدناه. وتُنشر بانتظام قائمة توصيات قطاع تقييس الاتصالات السارية الصلاحية. والإشارة إلى أي وثيقة في هذه التوصية لا يضفي على الوثيقة، بحد ذاتها، صفة توصية.

[ITU-T E.802] التوصية ITU-T E.802 (2007)، *الأطر والمنهجيات الخاصة بتحديد وتطبيق معلمات نوعية الخدمة (QoS)*.

[ITU-T E.804] التوصية ITU-T E.804 (2014)، *جوانب جودة الخدمات الشائعة في شبكات الاتصالات المتنقلة*.

[ITU-T E.807] التوصية ITU-T E.807 (2014)، *تعاريف المعلمات المتمركزة على المستعمل وطرائق القياس المرتبطة بها لمعالجة النداء في الخدمة الصوتية المتنقلة الخلوية*.

[ITU-T E.840] التوصية ITU-T E.840 (2018)، *الإطار الإحصائي لتقييم وترتيب مؤشرات أداء الشبكة من طرف إلى طرف*.

[ITU-T G.1031] التوصية ITU-T G.1031 (2014)، *عوامل جودة الخدمة في تصفح الويب*.

[ITU-T P.863.1] التوصية ITU-T P.863.1 (2019)، *دليل تطبيق التوصية ITU-T P.863*.

[ITU-T P.1401] التوصية ITU-T P.1401 (2012)، *الأساليب والمقاييس والإجراءات المتعلقة بالتقييم الإحصائي لنماذج التنبؤ الموضوعي بالنوعية وكفاءتها والمقارنة بينها*.

[ITU-T Y.1540] التوصية ITU-T Y.1540 (2016)، *خدمة اتصالات البيانات في بروتوكول الإنترنت – نقل رزم بروتوكول الإنترنت ومعلمات أداء التيسر*.

[ITU-T Y.1545.1] التوصية ITU-T Y.1545.1 (2017)، *إطار لمراقبة جودة خدمات الشبكات القائمة على بروتوكول الإنترنت*.

[ETSI TR 125 942] ETSI Technical Report 125 942, V15.0.0 (2018), *Universal mobile telecommunications system (UMTS); Radio frequency (RF) system scenarios*.

[ETSI TR 138 900] ETSI Technical Report 138 900, V15.0.0 (2018), *LTE; 5G; Study on channel model for frequency spectrum above 6 GHz*.

[IETF RFC 7799] IETF RFC 7799 (2016), *Active and passive metrics and methods (with hybrid types in-between)*، IETF RFC 7799 (2016).

3 التعاريف

1.3 المصطلحات المعرَّفة في وثائق أخرى

تستخدم هذه التوصية المصطلحات التالية المعرَّفة في مصادر أخرى:

1.1.3 الطرف A [ITU-T E.804]: الطرف البادئ في توصيل (أيضاً: منشئ الاتصال المتنقل، MO) أو في المعاملات المباشرة، الطرف البادئ في المعاملة (الطرف المتصل).

ملاحظة – إنه الطرف الذي يرسل المحتوى في معاملات التخزين وإعادة التسيير.

2.1.3 الطرف B [ITU-T E.804]: في المعاملات المباشرة، هو المقصد النهائي للمعاملة أو الطرف المقابل فيها.

ملاحظة – إنه الطرف الذي يستقبل المحتوى في معاملات التخزين وإعادة التسيير.

3.1.3 معامل الثقة؛ مستوى الثقة [b-ITU-T E.800]: قيمة الاحتمال المرتبط بفاصل ثقة أو بفاصل تسامح إحصائي.

4.1.3 التحميل [ITU-T E.800]: نقل البيانات أو البرامج من مخدم أو حاسوب مضيف إلى الحاسوب أو الجهاز الخاص بالشخص.

5.1.3 الجودة من طرف إلى آخر [b-ITU-T E.800]: الجودة المتعلقة بأداء نظام اتصالات، بما في ذلك جميع الأجهزة المطرافية.

6.1.3 المقياس [b-ITU-T E.800]: وحدة يُعبر بها عن المعلمة.

7.1.3 مشغِّل الشبكة [ITU-T E.804]: منظمة تقدم شبكة لتقديم خدمة اتصالات عمومية.

8.1.3 أداء الشبكة [b-ITU-T E.800]: قدرة الشبكة أو جزء من الشبكة على تقديم الوظائف المتعلقة بالاتصالات بين المستعملين.

9.1.3 مسبار [ITU-T Y.1545.1]: أداة اختبار لنقطة طرفية تستخدم رزم سبر لجمع القياسات.

10.1.3 جودة الخدمة (QoS) [b-ITU-T E.800]: مجمل الخصائص التي تتسم بها خدمة اتصالات وتتعلق بقدرتها على الوفاء بالاحتياجات المنصوص عليها والضمنية لمستعمل الخدمة.

11.1.3 التدفق (في خدمات الوسائط المتعددة) [ITU-T E.800]: بيانات متعددة الوسائط (عادة توليفات من الصوت والنصوص والفيديو والسمعي) تُنقل في قطار من الرزم حيث يتم ترجمتها وتقديمها عن طريق تطبيق برمجيات بمجرد وصول الرزم.

الملاحظة 1 – التدفق عبارة عن تقنية لنقل بيانات الوسائط المتعددة.

الملاحظة 2 – قد يتم التدفق في الوقت الفعلي أو في غير الوقت الفعلي.

2.3 المصطلحات المعرفة في هذه التوصية

تعرف هذه التوصية المصطلحات التالية:

1.2.3 جمع البيانات المعهَّد للجموع: أسلوب لجمع قياسات الخدمة النشطة أو المنفعلة من عدد كبير من أجهزة المستخدم النهائي.

2.2.3 الاختبار بالقيادة: أسلوب اختبار يستخدم المركبات المجهزة بمعدات اختبار أجهزة الشبكة.

3.2.3 نظام المراقبة: أداة أو مَعَدة قادرة على إجراء تقييم لأداء الشبكة.

4.2.3 مستخدم نظام المراقبة: مستخدم يمكن أن يكون منظماً أو بائعاً لمعدات الاختبار أو شركة تقدم قياسات الشبكة أو محلل البيانات أو مقدم الخدمة.

5.2.3 مسبار بلا مشغِّل: نظام مراقبة متنقل أو ثابت مُدار عن بُعد (هاتف ذكي، جهاز ذو شريحة sim واحدة، جهاز ثنائي شرائح sim، جهاز ذو شريحة sim افتراضية) يمكن تثبيته في مواقع ضمن المباني أو في الخلاء أو في المركبات.

6.2.3 الاختبار بالمشي: طريقة اختبار تستخدم جهاز، ومعدات اختبار محمولة، وعادة ما تستخدم حيث يتعذر استخدام المركبات.

4 الاختصارات والاختزالات

تستخدم هذه التوصية الاختصارات والاختزالات التالية:

2G الجيل الثاني *(second Generation)*

3G الجيل الثالث *(third Generation)*

4G الجيل الرابع *(fourth Generation)*

BS محطة قاعدة *(Base Station)*

BTS محطة المرسِل المستقبِل الأساسية *(Base Transceiver Station)*

GIS نظام المعلومات الجغرافية *(Geographic Information System)*

GPS نظام تحديد المواقع العالمي *(Global Positioning System)*

HTTP بروتوكول نقل النصوص التشعبية *(Hypertext Transfer Protocol)*

KPI مؤشر أداء رئيسي *(Key Performance Indicator)*

MMS خدمة رسائل الوسائط المتعددة *(Multimedia Messaging Service)*

MNO مشغل شبكة الاتصالات المتنقلة *(Mobile Network Operator)*

OMC حملة قياس في الخلاء *(Outdoor Measurement Campaign)*

QoS جودة الخدمة *(Quality of Service)*

SINR نسبة الإشارة إلى التداخل زائد الضوضاء *(Signal to Interference plus Noise Ratio)*

SMS خدمة الرسائل القصيرة *(Short Message Service)*

UPS إمداد بالقدرة غير قابل للانقطاع *(Uninterruptible Power Supply)*

5 الاصطلاحات

لا توجد.

6 حملات القياس لمراقبة جودة الخدمة

تهدف حملات قياس جودة الخدمة إلى جمع المعلومات لتشخيص جودة خدمة شبكات الاتصالات المتنقلة من حيث مؤشرات الأداء الرئيسية (KPIs) وأداء القياس المقارن وتقييم المطابقة مع التزامات التشريعات القائمة.

ويعتمد مجال التطبيق المقصود لقياسات جودة الخدمة المتعلقة بالرقعة الجغرافية والإطار الزمني وتواتر الاختبارات بشكل رئيسي على الغرض من حملة القياس وبيئة القياس.

1.6 بيئة القياس

في شبكات الاتصالات المتنقلة، يمكن تقسيم بيئات القياس إلى فئتين رئيسيتين: ضمن المباني وفي الخلاء. ويمكن أن تشمل القياسات سيناريوهات ضمن المباني وفي الخلاء وثابتة ومتنقلة وبالتالي فهي تغطي جميع البيئات المختلفة التي يستفيد فيها المستخدمون النهائيون من خدمتهم المتنقلة. وحالياً، يوجد معدل مرتفع لحركة الاتصالات المتنقلة الناتجة عن البيئات ضمن المباني؛ وبالتالي، يُستحسن قياس أداء جودة الخدمة ضمن المباني، بالإضافة إلى الخلاء.

1.1.6 الاختبار ضمن المباني

يمكن للمنهجيات الموصى بها التالية أن تساعد مستخدم نظام المراقبة على تحديد حالة جودة الخدمة ضمن المباني:

- الاختبار بالمشي؛
- المسابير بلا مشغِّل؛
- جمع البيانات المعهَّد للجموع.

2.1.6 الاختبار في الخلاء

يمكن للمنهجيات الموصى بها التالية أن تساعد مستخدم نظام المراقبة على تحديد حالة جودة الخدمة في الخلاء:

- الاختبار بالقيادة/بالمشي؛
- المسابير بلا مشغِّل؛
- جمع البيانات المعهَّد للجموع.

وتقدم الفقرة 2.6 وصفاً إجمالياً لمنهجيات القياس الأربع المختلفة التي يمكن لمستخدم نظام المراقبة اتباعها للاختبار ضمن المباني وفي الخلاء.

2.6 منهجيات القياس

1.2.6 الاختبار بالمشي

أصبحت المواقع مثل محطات القطارات ومنصات القطارات تحت الأرض والمطارات والملاعب الرياضية ومراكز التسوق والجامعات ومناطق المشاة من النقاط الساخنة للاتصالات اللاسلكية. وفي القياسات في الخلاء، يُستخدم الاختبار بالمشي عادة حيث يتعذر استخدام المركبات. وتقدم معدات الاختبار المحمولة متعددة الأجهزة طريقة ملائمة للعمل عند مقارنة عدة مشغلين أو اختبار تغطية خدمات متعددة وتكنولوجيات النفاذ الراديوي.

بيد أن لحملات قياس الاختبار بالمشي بعض القيود من حيث عدد العينات، ومشغل شبكة الاتصالات المتنقلة (MNO) والخدمة بسبب معلمات مادية مثل الأبعاد المكانية، ووزن المعدات والمتطلبات التقنية، مثل عزل الهوائي، التي يمكن أن تؤثر في نهاية المطاف على استبانة العينة. ويوصى بالإجراءات التالية قبل البدء في قياس الاختبار بالمشي.

1 رسم مخططات تصميم المبنى، في حالة موقع ضمن مبنى.

2 جدولة ووضع قائمة بالمواضع أو المواقع المستهدفة.

3 يعتمد حجم العينة المستهدفة لكل خدمة أو مشغل شبكة اتصالات متنقلة (MNO) على عدد الهواتف الذكية التي يمكن أن تستوعبها المعدات. ولكن ينبغي اختيار حجم العينة وتوزعها وفقاً لنوع المتغير قيد الدراسة والتمثيل الإحصائي المستهدف، من بين أمور أخرى. فعلى سبيل المثال، يمكن الحصول على نتائج ذات صفة تمثيلية إحصائية أدق بتغطية منطقة أوسع أو القياس على مدى فترة أطول. انظر الملحق A والتوصية [ITU-T E.840] للاطلاع على مراجع.

4 اعتماد إجراء اعتيادي عام والقيام به للتحقق من الخواص الوظيفية للعتاد والبرمجيات.

5 النظر في وحدة تحكم محمولة خفيفة للإبلاغ الآني عن النتائج أو عن حالة معدات القياس.

6 ينبغي حظر ميزة الانتقاء التلقائي للشبكات واختيار الاتصال على الشبكة نفسها قيد الاختبار.

2.2.6 الاختبار بالقيادة

تتضمن حملات قياس الاختبار بالقيادة إجراءات التخطيط المسبق لتحقيق هدف الحملة ونطاقها. ويمكن أن تفرض الخدمات المستهدفة والتوزع السكاني والعوامل الاجتماعية والاقتصادية معلمات مختلفة لتصميم الحملة. وباختصار، على حملة الاختبار بالقيادة الناجحة أن تأخذ في الاعتبار حجم العينة بحيث تمثل البيانات المقيسة سكان المنطقة المستهدفة.

ومن أجل القيام بحملات قياس الاختبار بالقيادة، تنبغي لمستخدمي نظام المراقبة مراعاة التوصيات التالية:

1 ينبغي اختيار حجم العينة بحيث تكون النتائج ممثلة لسلوك شبكات الاتصالات المتنقلة في المنطقة قيد الدراسة. ولهذا الغرض، يجب على مستخدمي نظام المراقبة تحديد منهجية أخذ العينات. ويمكن الاطلاع على المراجع في الملحق A والتوصية [ITU-T E.802].

2 تُتطلب رقعة تغطية راديوية أولية أو تكنولوجيا/مشغل شبكة اتصالات متنقلة (MNO) لهذه التغطية من أجل التخطيط.

3 ينبغي تثبيت الهوائيات المستخدمة لإجراء القياسات على ارتفاع متوسط طول الإنسان.

4 في حالة القياس المقارن من جانب الهيئة التنظيمية، ينبغي إجراء القياسات بشكل عشوائي لجميع تكنولوجيات النفاذ ولجميع مشغلي شبكات الاتصالات المتنقلة في وقت واحد.

5 ينبغي وضع بيانات القياس الوصفية (يمكن الاطلاع على المراجع التقنية في التوصية [ITU-T E.804]).

6 ينبغي أن تغطي الطرق المناطق التي تشهد نشاطاً بشرياً، وتجنب تكرار الطريق إذا استُخدم الاختبار بالقيادة لاشتقاق مؤشرات الأداء الرئيسية في منطقة واسعة.

7 بالنسبة للخدمات التي تقيَّم في حالة حركة، ينبغي ضبط سرعة السيارة مع الأخذ في الاعتبار إمكانية وجود جهاز في نقطة ثابتة بينما يكون هناك جهاز آخر في حالة حركة.

8 ينبغي حظر ميزة الانتقاء التلقائي للشبكات واختيار الاتصال على الشبكة نفسها قيد الاختبار.

9 تنبغي دراسة توزع السكان في المنطقة المستهدفة قبل الحملة لضمان ما يلي:

أ) أن تتمكن العينة المجمعة من أخذ التجمعات السكنية والتجارية في الاعتبار؛

ب) أن تؤخذ عوامل التنمية في المناطق الفرعية بعين الاعتبار.

10 ينبغي النظر في فترات الاختبار خلال أيام العمل وأوقات النهار بشكل تفضيلي.

3.2.6 المسابير بلا مشغِّل

يمكن أن تقدم المسابير بلا مشغِّل أداءً شبه آني وكذلك وفق التسلسل الزمني في مراقبة جودة الخدمة من طرف إلى طرف ويمكن استخدامها لجمع البيانات متشعبة التفاصيل التي يمكن أن تساعد في كشف تردي جودة الخدمة. ويُنصح مستخدمو نظام المراقبة بالنظر في توصيات التشغيل والتصميم التالية لتنفيذ حملة قياس تستند إلى المسبار.

1 ينبغي إحكام تثبيت المسابير بلا مشغِّل في المواقع أو المركبات المختارة المزودة بالقدرة الكهربائية؛ ويتوقف اختيار هذه المواقع أو المركبات على هدف القياس.

2 ينبغي تثبيت المسابير بلا مشغِّل ضمن المباني في مواقع تتحقق فيها ظروف تغطية راديوية كافية وكثافة استخدام الشبكة. وحسب مجال تطبيق القياس، يمكن أن يكون هذا الموقع هو الموقع الذي تتحقق فيه أفضل تغطية ممكنة في حالة مراقبة أداء الشبكة الأقصى. وإذا كان الغرض من المسابير بلا مشغِّل هو مراقبة التغطية الراديوية الدنيا، فيمكن النظر في موقع لا تتحقق فيه ظروف التغطية المثلى.

3 ينبغي أن تعمل جميع المسابير بلا مشغِّل عبر توصيلة نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) (أو أي نظام مناسب آخر للملاحة الساتلية العالمية).

4 ويعتمد عدد المسابير بلا مشغِّل لكل موقع مستهدف على متطلبات أخذ العينات، وعدد الخدمات أو هيئات التشغيل المطلوب تقييمها، وكثافة المستخدمين والأحداث التي تقام (الحفلات الموسيقية، والبطولات الرياضية، وما إلى ذلك).

ويوصى مستخدمو نظام المراقبة باستخدام مسابير بلا مشغِّل قابلة للإدارة يمكن تفعيلها عن بُعد بمجرد اعتبار موقع ما نقطة ساخنة نشطة توخياً لكفاءة استخدام موارد القياس لديهم، لأن استخدام الشبكة يمكن أن يتغير كثيراً في مواقع النشاط البشري الكثيف.

4.2.6 جمع البيانات المعهَّد للجموع

يمكن استخدام حملات جمع البيانات المعهَّد للجموع للحصول على بيانات قياس جودة الخدمة التي لا يمكن أن تكون ذات معنى إلا إذا جُمع عدد ذو صفة تمثيلية من العينات من مستخدمين نهائيين مختلفين. وللتعمق في فهم النتائج، يمكن التحقق من الظروف البيئية باستخدام أجهزة المستخدم النهائي المفعَّلة بالبيانات. ويوصى بعدم استخدام نتائج القياسات للتوصل إلى أي استنتاج إلا إذا كانت ذات صفة تمثيلية لهدف القياس المعني. وينبغي أخذ قيود فجوة البيانات في الاعتبار. ويجب أن تلتزم حلول جمع البيانات المعهَّد للجموع بالتشريعات الوطنية لحماية البيانات، بما يضمن عدم إساءة استخدام أي بيانات شخصية.

ويمكن أن يكون تواتر جمع العينات مستمراً على عكس مجموعة عينات جودة الخدمة التقليدية (محاكاة الجمع)، وبالتالي يمكن أن تكون القياسات المعهَّدة للجموع مصدراً لقياسات جودة الخدمة على مدار ساعات اليوم طوال أيام الأسبوع.

ويمكن تصنيف جمع البيانات المعهَّد للجموع إلى حد كبير ضمن فئتين هما القياسات النشطة والمنفعلة (انظر المرجع [IETF RFC 7799]):

ملاحظة – يرد في التوصية [ITU-T E.804] بحث المصادر البديلة لجمع المعلومات المستمر عن جودة الخدمة في الشبكة. ووفقاً للإطار القانوني في كل بلد، قد يتاح للمنظمين النفاذ إلى معلومات عدادات أداء الشبكة. وحسب تشريعات حماية البيانات وحيثما يرغب الطرفان في ذلك، قد يرغب المشغلون والمنظمون في إبرام اتفاقات عدم الإفصاح وفقاً لما تقدم.

1.4.2.6 القياسات النشطة

عادةً ما تكون قياسات البيانات النشطة اختبارات لسرعة البيانات واختبارات خاصة بتطبيق يبدأها أو يبرمجها المستخدم النهائي نصياً. وينشئ قياس النهج النشط حركة اصطناعية للوقوف على قدرة الشبكة/التطبيق.

وعند قياس سعة أو قدرة أو أداء الشبكة باستخدام نهج تعهيد الجموع النشط، يوصى مستخدمو نظام المراقبة بأداء قياسات جودة الخدمة باستخدام البرمجيات النصية المجدولة زمنياً والمؤتمتة مقارنةً بالمخدمات المستهدفة الموجودة في الشبكة وخارج الشبكة (في أقرب نقطة تبادل إنترنت، على سبيل المثال). وأيضاً، يجب النظر في ثبات عرض النطاق المتاح في المخدمات والوصلات لمنع تأثر القياسات سلباً بالتردي المنسوب إلى مخدمات أو وصلات الاختبار.

علاوة على ذلك، من المهم تجنب الجدولة الزمنية لقياسات جميع المستخدمين النهائيين في الوقت نفسه، بالنسبة إلى تطبيق تعهيد الجموع لدى المنظم الذي قد يكون مدمجاً مع بقدرة SIM للمشغل أو تطبيقاً مستقلاً قابل للتحميل، وذلك لتجنب إمكانية الازدحام.

2.4.2.6 القياسات المنفعلة

تكون قياسات البيانات المنفعلة إما خاصة بتطبيق معين أو غير مقتصرة على تطبيق معين ولا تتطلب أي شكل من أشكال تدخل المستخدم النهائي. ولا تضخ القياسات المنفعلة في الشبكة حركة أو حمولة اختبار اصطناعية، وتهدف إلى قياس جودة الخدمة بناءً على نشاط المستخدمين النهائيين.

ويُغْني هذا النهج عن الاعتماد على المخدمات والوصلات ويمكن أن يستفيد من رواج تطبيقات الاتصالات المتنقلة المضيفة (مثل تطبيق النقل والتطبيق الحكومي وتطبيق مشغل شبكة الاتصالات المتنقلة (MNO)) لتقديم توزيع جغرافي يمثل نقاط بيانات القياس.

ويوصى مستخدمو نظام المراقبة بالنظر في المزيد من العينات (المستخدمين النهائيين)، ولكن من معرفات فريدة لأنها تقدم لمستخدمي نظام المراقبة دقة أعلى لبيانات الشبكة.

3.6 مبادئ توجيهية لقياس معلمات جودة الخدمة على شبكات الاتصالات المتنقلة

يقدم هذا القسم مزيداً من التفاصيل عن حملات القياس لمراقبة بعض المعلمات ذات الصلة. ويمكن قياس المعلمات المدرجة هنا وفق أي من المنهجيات الموضحة في الفقرة 2.6 وينبغي اعتبارها مجرد أمثلة؛ ويمكن الاطلاع على مزيد من المراجع في التوصية [ITU-T E.804].

1.3.6 التغطية الراديوية

تتألف قياسات التغطية من أخذ مستوى الإشارة المستقبَلة في موقع جغرافي معين لكل تكنولوجيا من تكنولوجيات شبكة النفاذ الراديوي بشكل منفصل. وتجرى هذه القياسات تلقائياً باستخدام ماسح ترددات.

يُنصح المنظمون بمراعاة خرائط التغطية في المنطقة المستهدفة باستخدام بيانات مشغل شبكة الاتصالات المتنقلة (MNO) المقدمة أو المحصَّلة أو المتولدة قبل حملة الاختبار بالقيادة. وتعبِّر خرائط التغطية عن المنطقة التي يقدم مشغلو شبكة الاتصالات المتنقلة (MNO) الخدمة فيها. وبهذا المعنى، يمكن للهيئة التنظيمية استخدامها للتخطيط لحملة قياس ولتحديد المناطق التي تسترعي الاهتمام. فعلى سبيل المثال، يمكن للهيئة التنظيمية اختيار قياس المناطق التي ترد منها أعلى معدلات الشكوى، أو انتقاء المناطق التي توجد فيها تغطية من جميع مشغلي شبكات الاتصالات المتنقلة من أجل المقارنة. ويمكن أيضاً التحقق من صحة خرائط التغطية أثناء حملات القياس. وبالنسبة لشبكات 4G والشبكات الأحدث، تعد تغطية الخدمة معلمة أخرى ذات صلة يجب قياسها. ويمكن الاطلاع على مراجع منهجيات قياس التغطية وتغطية الخدمة في المراجع [b-ECC Report 103]، و[b-ECC Report 256]، و[b-ECC Report 118]، و[b-ECC Report 231] و[b-ECC Rec (12) 03].

ويجوز لمستخدم نظام المراقبة استخدام نُهُج مختلفة لتمثيل وتصور تغطية شبكة الاتصالات المتنقلة. وتصف الفقرتان 1.1.3.6 و2.1.3.6 نهجين يمكن استخدامهما بشكل مستقل أو مجتمعين حسب احتياجات مستخدمي نظام المراقبة والمعلومات المتاحة.

1.1.3.6 منهجية القياس النظرية أو بالنمذجة التحليلية

تعتمد هذه الطريقة في الغالب على صياغة حسابات رياضية وإحصائية تعتمد على أدوات محاكاة للتنبؤ بتغطية الشبكة وأدائها. وتتضمن بعض المعلمات المشاركة في مثل هذه القياسات موقع محطة القاعدة (BS)، ونسبة الإشارة إلى التداخل زائد الضوضاء (SINR)، وقدرة محطة القاعدة، وعتبة نسبة الإشارة إلى التداخل زائد الضوضاء للخدمة، وتوهين الإشارات للتغطية ضمن المباني ومعلومات الهوائي أو الحساسية لكل خدمة.

ويمكن لمستخدم نظام المراقبة استخدام مثل هذه النماذج إذا تيسرت المعلومات عن البنية التحتية لمشغل شبكة الاتصالات المتنقلة (MNO) وينبغي عدم استخدامها إلا كمرجع لأنها قائمة على التنبؤات الإحصائية. ولمزيد من المعلومات عن نماذج الانتشار، انظر المنشورين [ETSI TR 125 942]، [ETSI TR 138 900] والمراجع فيهما.

2.1.3.6 أنظمة المعلومات الجغرافية

يتيح نظام المعلومات الجغرافية (GIS) إمكانية رسم الخرائط والتحليلات المكانية المتقدمة لتصوير المعلومات الجغرافية على خريطة. وبهذا النمط من الأدوات، يمكن دمج أنواع مختلفة من طبقة البيانات باستخدام الموقع المكاني، على أنها خرائط خدمة التغطية لدى مشغل شبكة الاتصالات المتنقلة (MNO). ويمكن أن تكون طبقات المعلومات هذه كما يلي:

- طبقة محطة المرسِل المستقبِل الأساسية الأساسية (BTS) لمشغل شبكة الاتصالات المتنقلة (MNO)؛
- نتائج خرج (عينات مقايسة) قياسات جودة الخدمة؛
- تغطية محددة أو مؤشر شبكة من نظام تعهيد الجموع؛
- الطبقات السكانية والإدارية؛
- طبقة التضاريس والارتفاع.

علاوة على ذلك، يسهل إطلاع الآخرين على الطبقة المتولدة من نظام المعلومات الجغرافية عبر المواقع الإلكترونية ويمكن النفاذ إليها عبر متصفحات الويب والهواتف المتنقلة والحواسيب اللوحية.

لهذا السبب، يُنصح مستخدمو نظام المراقبة بالتمكن من النفاذ إلى خرائط التغطية المتوافقة مع أدوات أنظمة المعلومات الجغرافية لتقديم معلومات واضحة يُعتد بها للمستخدمين النهائيين وعرض المعلومات بطريقة واضحة وميسرة ومفهومة.

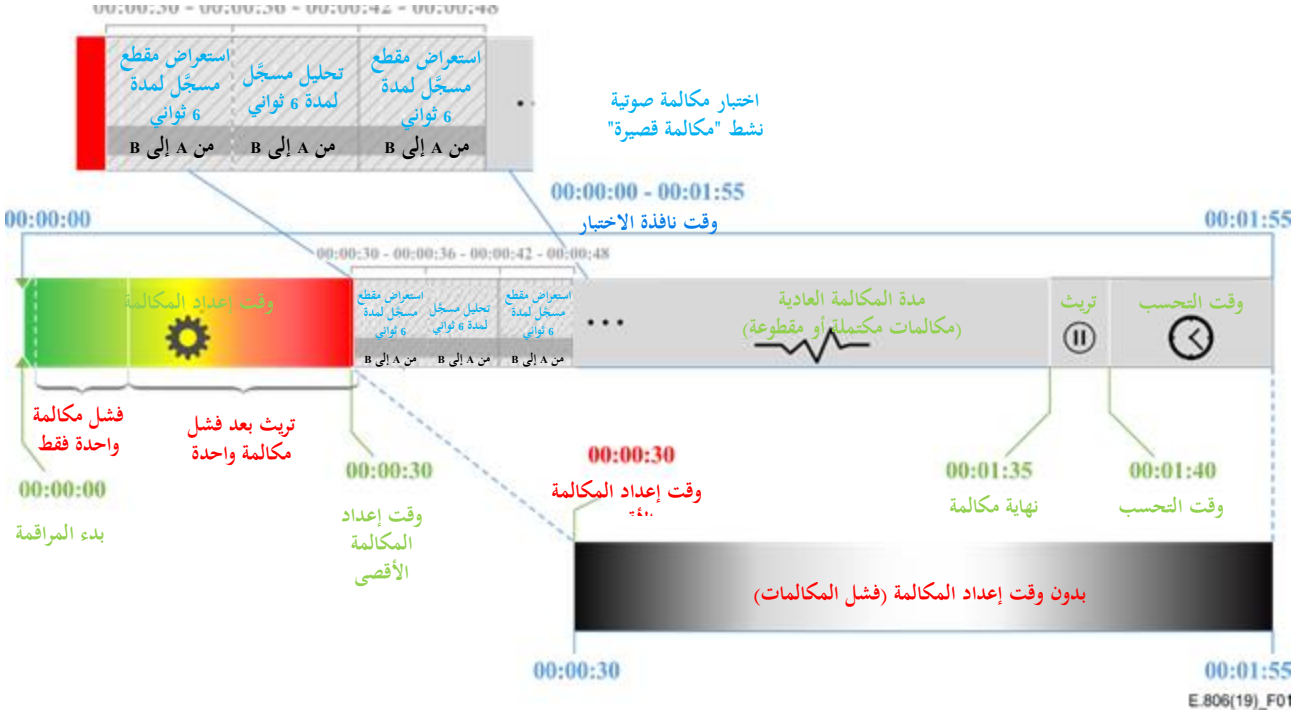
وباستخدام أنظمة المعلومات الجغرافية، يجوز لمستخدم نظام المراقبة إجراء تحليل لكي يحدد، على سبيل المثال، المناطق الجغرافية الواجب قياسها وتخطيط مسارات الاختبار بالقيادة وإجراء تحليل للتغطية السكانية. وترد أمثلة على تحليل نظام المعلومات الجغرافية في المراجع [b-ECC Report 103]، و[b-ECC Report 256]، و[b-ECC Report 118]، و[b-ECC Report 231] و[b-ECC Rec (12) 03].

وينبغي أن يتمكن نظام المعلومات الجغرافية من أداء الاتحاد والتقاطع والتراكب وتحديد المساحات (النقاط، المضلعات) وإنشاء خرائط الحرارة والخرائط المواضيعية. علاوة على ذلك، ينبغي أن يسمح بتشغيل تحليل الشبكة باستبانات مختلفة لتشخيص المناطق الجغرافية، ولإظهار تقلب مؤشر الأداء الرئيسي والسماح بتحليل خرائط السكان والجلبة.

2.3.6 قياس المكالمات الصوتية

تشمل قياسات الخدمة الصوتية إطلاق سلسلة من محاولات إجراء مكالمة للاختبار التلقائي لتكنولوجيات النفاذ الراديوي. وتتولد محاولات إجراء مكالمة من سيناريوهات مختلفة، فيمكن أن تكون من هاتف متنقل إلى هاتف متنقل، أو من خط ثابت إلى هاتف متنقل، أو من هاتف متنقل إلى خط ثابت. وينبغي اختيار عينة مناسبة للقياسات الصوتية وفقاً للسيناريو. ويمكن الاطلاع على معلومات عن ذلك في التوصيتين [ITU-T P.863.1] و[ITU T E.807].

وسيناريو الخط الزمني في الشكل 1 لاختبار مكالمة صوتية نشط هو مجرد مثال ولا يضع مواصفات. وإلى جانب خصائص الشبكة الراديوية، ستؤثر معلمات الفاصل الزمني المرتبط ومجمل وقت نافذة الاختبار على عدد العينات المحصَّلة الكلي.



الشكل 1 – خط زمني لقياسات المكالمات

يمثل السيناريو الموضح مثالاً لإجراءات اختبار مكالمة صوتية؛ في حين أن مدة المكالمة العادية يمكن أن تختلف حسب الغرض من الاختبار (مكالمة قصيرة، مكالمة طويلة)، فإن جميع الخصائص الأخرى تقريباً هي نفسها لكل حالة تصادَف أثناء اختبار القياس.

بالإضافة إلى ذلك، ينبغي النظر في الخصائص المحددة للسلوك في بلد ما لأنها يمكن أن تؤثر على تصميم السيناريو، فعلى سبيل المثال، إذا بلغ متوسط وقت المكالمة إحصائياً في البلد A دقيقتين و4 دقائق في البلد B، ستكون دقائق الاستخدام أكثر في البلد B خلال كل مكالمة مقطوعة.

وقبل نقطة بدء الاختبار، يبدأ الطرف المتصل (A) في الاتصال بالطرف المتلقي للمكالمة (B) المشكَّل مسبقاً، وفي هذه الحالة يُسمح بنافذة محددة المدة كوقت إعداد المكالمة الأقصى لإقامة توصيل مع الطرف B، حيث ينتظر الاختبارُ الطرف B ليرد على المكالمة.

إذا لم يرد الطرف B أو إذا واجه الطرف المتصل مشكلة أثناء مرحلة إعداد مكالمة الاختبار، تدخل إجراءات مكالمة الاختبار حيز "وقت إعداد المكالمة"، حيث تُعتبر مكالمة الاختبار "مكالمة فاشلة".

3.3.6 قياس الرسائل القصيرة ورسائل الوسائط المتعددة

يمكن تنفيذ قياسات خدمة الرسائل القصيرة (SMS) وخدمة رسائل الوسائط المتعددة (MMS) دون إلزام المعدات الطرفية المتنقلة بتكنولوجيا نفاذ معينة لمحاكاة سيناريو مشابه عندما يغير الجهاز الطرفي المتنقل للمستخدم النهائي تكنولوجيا النفاذ باستمرار.

وتتكون القياسات من إرسال رسالة نصية قصيرة تحتوي على عدد ثابت من الأحرف الأبجدية الرقمية ومقاس ثابت للرسائل متعددة الوسائط من مسبار متنقل يحاكي مشترك بالاتصالات المتنقلة إلى مسبار ثابت يحاكي مشترك آخر بالاتصالات المتنقلة ينتمي إلى نفس المشغل. وتُعتبر الرسائل القصيرة/رسائل الوسائط المتعددة مستلَمة إذا قَل وقت التسليم عن الوقت الأقصى المحدد.

ويوضح الشكل 2 مخطط خط زمني مرجعياً لقياس خدمة الرسائل القصيرة.

الشكل 2 – خط زمني لقياسات خدمة الرسائل القصيرة

ويمكن إجراء قياسات الخدمة الصوتية وخدمة الرسائل النصية القصيرة/رسائل الوسائط المتعددة بطريقة متزامنة لتحسين إدارة موارد الوقت.

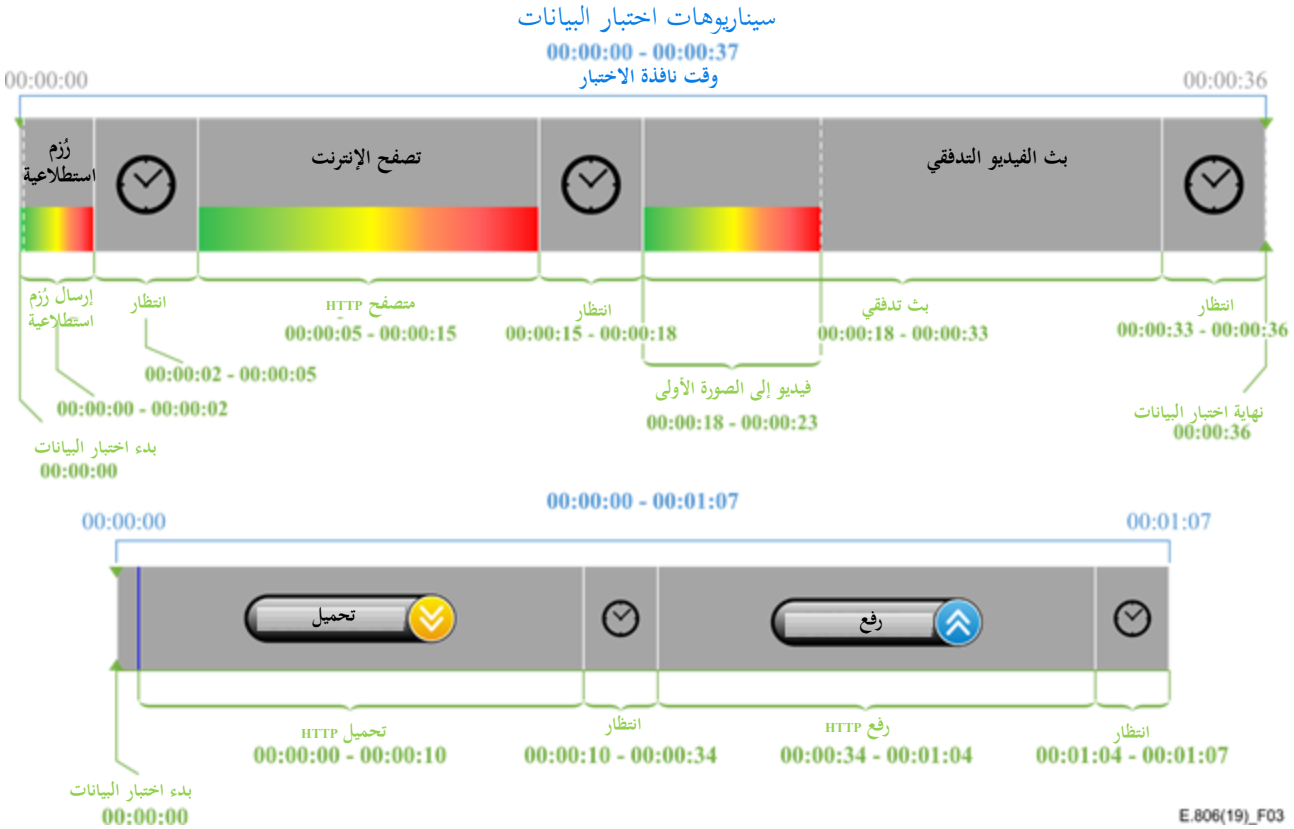
4.3.6 قياس بيانات النطاق العريض

تنبغي موازنة حملات قياس بيانات النطاق العريض على أنظمة مراقبة مختلفة لتضييق إطار اختبار النافذة وزيادة عدد العينات؛ وهذا سيمكن توسيع التغطية لمنطقة خريطة الاختبار.

يعتمد إعداد السيناريوهات على تطبيق الخدمة قيد القياس. ويوضح الشكل 3 مثالاً على مخطط خط زمني لتقييم خدمات البيانات. ويمكن الاطلاع على مزيد من المعلومات في التوصيتين [ITU-T Y.1540] و[ITU-T Y.1545.1].

ملاحظة – عندما تنطوي القياسات على موارد مخدم معين أو معدات مستخدم أو مسابير بلا مشغِّل أو شبكات متعددة للوصول إلى مخدم المحتوى أو الاختبار المطلوب، لا يمكن تمييز مساهمتها في النتائج عن أداء شبكة الاتصالات المتنقلة. انظر الفقرة 6 من التوصية [ITU-T G.1031] للاطلاع على قائمة أمثلة على عوامل التأثير التي تسهم في النتائج.

وترد في الفقرات من 1.4.3.6 إلى 3.4.3.6 أمثلة على قياسات بيانات النطاق العريض.



الشكل 3 – مثال على قياسات بيانات النطاق العريض

1.4.3.6 قياس تصفح الإنترنت

يمكن تمييز القياسات المتعلقة بتصفح الإنترنت، من بين أمور أخرى، عن طريق قياس أداء التنقل من حيث وقت تحميل الصفحة ومعدل النجاح الكلي لتحميل الصفحة. وتُطلَق اختبارات تصفح الإنترنت، بفترة زمنية متوسطة ثابتة، من معدات متنقلة أو من مسبار يحاكي مشترك بالاتصالات المتنقلة في حالة سكون أو حركة إلى مجموعة محددة مسبقاً من المواقع الإلكترونية الموصى بها. وتوزَّع محاولات النفاذ بشكل عشوائي بين مختلف المواقع المختبَرة.

2.4.3.6 قياس نقل الملفات

تتكون تدابير نقل الملفات من إرسال واستقبال ملفات ذات مقاس ثابت لقنوات الوصلة الصاعدة والوصلة الهابطة بين الأجهزة المتنقلة أو بين مسبار يحاكي مشترك بالاتصالات المتنقلة في موقع ثابت ومخدم له موارد مخصصة لهذا القياس. ويمكن قياس مؤشرات الأداء الرئيسية مثل معدل نجاح دورة التحميل أو متوسط وقت التحميل أو متوسط وقت الرفع (مع وضع قيود على الوقت المسموح للإنجاز في أي من الاتجاهين).

3.4.3.6 قياس البث التدفقي السمعي أو الفيديوي

في خدمات البث التدفقي السمعي أو الفيديوي، يمكن قياس معدل نجاح النفاذ إلى مجموعة من الملفات السمعية أو الفيديوية المستضافة على مخدمات البث التدفقي من خلال اختبارات متوسط المدة الثابتة التي تُطلَق من مسبار متنقل يحاكي مشترك بالاتصالات المتنقلة في موقع ثابت إلى سلسلة من مخدمات البث التدفقي محددة مسبقاً. علاوة على ذلك، يمكن استخدام مدة التحميل الأولي للفيديو، وتواتر ومدة أحداث التوقف، والصبيب الإجمالي كمؤشرات لأداء البث التدفقي.

وتوزَّع محاولات النفاذ بشكل عشوائي بين مختلف المخدمات المختبَرة.

7 خصائص ومتطلبات أنظمة المراقبة

ينبغي أن تتمكن أنظمة المراقبة من إجراء تقييم لكيفية تأثير أداء الشبكة المتردي على جودة الخدمة للمستخدم النهائي. وبالتالي فإنه يعطي مؤشراً بشأن أداء تغطية الشبكة وسعتها وجودة الخدمة من طرف إلى طرف.

وتنطبق خصائص أنظمة المراقبة التالية على جميع منهجيات القياس الموضحة في الفقرة 2.6، ما لم يُذكر خلاف ذلك، باستثناء جمع البيانات المعهَّد للجموع.

1 القدرة على تنفيذ القياسات المتزامنة في جميع تكنولوجيات النفاذ.

2 القدرة على تنفيذ القياسات المتزامنة، مثل قياسات الصوت والرسائل القصيرة والبيانات، إذا لزم الأمر.

3 ينبغي أن يتسنى إجراء القياسات أثناء الحركة أو في المواقع الثابتة أو الجمع بين كلتا الطريقتين.

4 ينبغي لنظام المراقبة أن يقوم تلقائياً بتخزين البيانات من القياسات وينبغي أن يعول على سعة تخزين خارجية إضافية للنسخ الاحتياطي.

5 ينبغي أن يحتوي على نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) (أو أي نظام مناسب آخر للملاحة الساتلية العالمية) لتحديد وتسجيل الموقع الجغرافي والسرعة لكل قياس.

6 ينبغي حفظه في ظروف التشغيل المثلى من خلال برامج الصيانة مع مراعاة جميع متطلبات شهادة التنظيم المعمول بها. فعلى سبيل المثال، تنبغي معايرة معدات الماسح. وينبغي أن تسري صلاحية المعايرة على الفترة الزمنية المشمولة بحملات القياس.

7 يجب وضع الهوائيات على بعد مسافة مناسبة لتجنب التداخل.

8 ينبغي أن يتمكن من تنفيذ قياسات لجميع تكنولوجيات النفاذ وبالتالي محدَّثاً لتلبية احتياجات التطور التكنولوجي.

9 ينبغي أن يسمح بإعداد وإعادة استخدام الصيغ النموذجية للغة البرمجة النصية في القياس.

10 ينبغي أن يستخدم معدات متنقلة معتمدة مماثلة لتلك التي يواظب المستخدمون النهائيون على شرائها في متاجر مشغل شبكة الاتصالات المتنقلة (MNO).

11 ينبغي أن يدعم الكودكات الصوتية لجميع تكنولوجيات النفاذ.

12 ينبغي أن يتمكن من من إصدار تنبيهات بصرية أو صوتية للإشعار بأي عطل في معدات القياس؛ وينبغي صرف النظر عن القياسات التي أجريت أثناء هذا السيناريو.

13 ينبغي أن تقدم معدات القياس ميزة، كخواص وظيفية إضافية أو معدات إضافية، لتسجيل اليوم والساعة والموقع الجغرافي المرجعي لكل قياس.

14 يُستحسن أن تتمكن معدات القياس، بالحد الأدنى من تسجيل بداية ونهاية حملة القياس والفواصل وتعطل المعدات والحالات غير العادية مثل انحراف تركيز المستخدم النهائي أو التخريب أو التداخل أو الكوارث الطبيعية.

15 ينبغي تسجيل أي حالة يمكن أن تؤثر على النتائج ولا تعزى إلى شبكة مشغل شبكة الاتصالات المتنقلة.

16 ينبغي أن ترتبط جميع الأنشطة المسجلة بواسطة معدات القياس، المذكورة فيما سبق، بملفات السجل والقياسات التي أجريت خلال هذه الفترات الزمنية، وينبغي التخلص منها خلال المعالجة اللاحقة.

17 ينبغي أن تنشئ أنظمة المراقبة ملفات سجل مجفرة.

18 ينبغي أن تجهز المسابير بلا مشغِّل بوظائف المراقبة الذاتية (من قبيل مستشعرات بدرجة الحرارة أو بمستوى إمدادات القدرة الكافي) لكشف ظروف التشغيل غير العادية. وينبغي القيام باستطلاع مقابل في المعالجة اللاحقة لضمان جودة البيانات وكشف واستبعاد البيانات المصطنعة.

19 ينبغي أن تكون المسابير بلا مشغِّل متينة لتحمل خسارة إمدادات القدرة الخارجية بامتلاكها، على سبيل المثال، إمدادات قدرة دائمة لضمان عمليات إيقاف آمنة وعمليات تشغيل موثوقة. وإن لم تدعم المسابير بلا مشغِّل ذلك، ينبغي النظر في إمداد بالقدرة غير قابل للانقطاع (UPS) لضمان استقرار ظروف التشغيل. وهذا أمر حرج لتجنب فساد ملفات السجل.

20 وحسب الطريقة التي تُنقل بها البيانات المقيسة (عبر الشبكة المراقبة على سبيل المثال) ونوع المعلومات المتوقع إنشاؤها، يتعين أن تقدم المسابير بلا مشغِّل والبنية التحتية الخلفية وظائف مراقبة مناسبة. فعلى سبيل المثال، يمكن ضبط المسابير بلا مشغِّل لنقل البيانات المقيسة بانتظام، أو إرسال تقارير حالة على فترات منتظمة، مع العمليات الخلفية التي تولد تنبيهات إذا تأخرت هذه المعلومات أو بيَّنت البيانات المقيسة أن معلمات الشبكة المحددة خارج المديات المحددة مسبقاً.

ملاحظة – تحتاج خصائص أنظمة مراقبة جمع البيانات المعهَّد للجموع إلى مزيد من الدراسة.

8 توصيات عامة بشأن المعالجة اللاحقة

تتمثل الخطوة الأولى في المعالجة اللاحقة للنتائج في تحديد حدود التغطية الراديوية التي تُعتبر الخدمة الإلكترونية لشبكة اتصالات متنقلة مقدَمة ضمنها. وينبغي رسم هذه الحدود لكل تكنولوجيا (من قبيل 2G، 3G، 4G) على حدة. وستحدد هذه الحدود الاختبارات التي ستؤخذ في الاعتبار عند تصدير النتائج النهائية. وأيضاً، ينبغي وضع قواعد فيما يتعلق بمتى ينبغي أخذ القياس بعين الاعتبار في النتائج. ومن أمثلة هذه القواعد، إن لم تفي فترة من الزمن بحدود التغطية الراديوية خلال القياس، كم من الوقت ينبغي أن تمتد هذه الفترة لكي يؤخذ الاختبار بعين الاعتبار في النتائج.

وينبغي لجميع مستخدمي نظام المراقبة الأخذ بالتوصيات العامة التالية أثناء إجراء المعالجة اللاحقة لجميع منهجيات القياس.

1 ينبغي أخذ معلومات التشوير في الاعتبار لتفحص الأحداث التي وقعت أثناء القياسات. وينبغي أن تنظر نتائج المعالجة اللاحقة للقياسات في جميع ملفات السجل المحصَّلة أثناء حملة القياس وأن تديرها. ويوصى بالنظر في جميع أخطاء البرمجيات. وسيؤثر العدد النهائي للقياسات التي جُمعت في حملة القياس على الخطأ في تقدير النتائج. ويمكن حساب خطأ التقدير بناءً على حجم العينة. فإذا كان أكبر من المطلوب، يوصى بتكرار حملة القياس المعنية بالمنطقة المستهدفة. ويرد مزيد من المعلومات في الملحق A والتوصيات [ITU-T E.802] و[ITU-T E.840] و[ITU-T P.1401].

2 ينبغي لمستخدمي نظام المراقبة الذين يقومون بإجراء قياسات جودة الخدمة التحقق من سلامة بيانات القياس وتنقيتها من الشوائب. إذ يمكن أن تتولد عينات شاذة لعدة أسباب، من قبيل، تنبيهات من المعدات بسبب عطل أو خلل فيها أو في البرمجيات، أو بسبب ترقية عنصر الشبكة، أو حوادث أو أعمال صيانة.

3 ينبغي فحص جميع ملفات السجل المجمّعة من معدات الاختبار، تحرياً للمفاقيد أو التلف فيها.

4 تقتضي الضرورة تحديد عتبة النسبة المئوية المقبولة للعينات الزائفة أو الخاطئة التي تُجمع في حملة قياس. وباستثناء منهجيات جمع البيانات المعهَّد للجموع، من المهم تحديد الحاجة إلى إعادة القياس للحفاظ على دقة وسلامة النتائج.

9 منهجيات أخذ العينات

يمكن توزيع القياسات بين السيناريوهات ضمن المباني وفي الخلاء حسب كثافة أو سلوك المشتركين في سوق الاتصالات. ويجب تحديد عدد القياسات بحيث تقل الدقة الإحصائية النسبية عن القيمة القصوى المحددة وبمستوى ثقة لا يقل عن 95%. ويرد مزيد من المعلومات في التوصية [ITU-T E.802].

وتتضمن المنهجية المكونة من خطوتين والتي يمكن استخدامها للحصول على عينات ذات صفة تمثيلية، التقسيم الطبقي وأخذ العينات العشوائي البسيط.

ويمكن استخدام التقسيم الطبقي لحساب عدد المناطق الجغرافية (مثل المدن أو البلديات أو المناطق) المراد تغطيتها أثناء حملة قياس للحصول على نتائج تمثل جودة خدمة الشبكة على المستوى الوطني. وبهذا المعنى، يشكل التقسيم الطبقي أداة مفيدة للحصول على نتائج ذات صفة تمثيلية عندما يتعذر قياس مساحة كبيرة (من قبيل مساحة البلدان الكبيرة).

ويمكن بعد ذلك اللجوء إلى أخذ العينات العشوائي البسيط لحساب عدد القياسات التي يجب إجراؤها في كل منطقة جغرافية منتقاة من خلال أساليب أخذ العينات. ويرد مزيد من التفاصيل في الملحق A.

ومن المهم النظر في النتائج المحصَّلة من كل حملة قياس لاشتقاق سلوك الشبكة من حيث الأداء. ويمكن حساب قيمتي المتوسط والانحراف المعياري من هذه النتائج واستخدامها في الصيغ الإحصائية لمراقبة معلمات جودة الخدمة.

ولإجراء قياسات على مساحة كبيرة، يُنصح مستخدمو نظام المراقبة بتقسيم المنطقة الأساسية إلى أجزاء وإسناد وزن ترجيح لكل جزء وفقاً للمعايير التي ستحدد المكان الذي يكون فيه أكثر ملاءمة لإجراء عدد أكبر من القياسات، حسب الغرض من حملة القياس. ومن الأمثلة على المعايير، وزن ترجيح السكان وكثافة الاتصالات وكثافة الحركة وكثافة المستخدمين النهائيين؛ ولتحديد هذه المعايير، يُنصح بشدة أن يحصل مستخدمو نظام المراقبة على بيانات محدّثة من مصدر رسمي.

ويقع نشر نتائج الأداء المقارَن خارج مجال تطبيق هذه التوصية؛ ولكن يمكن الاطلاع في التوصية [ITU-T E.840] على إطار إحصائي يهدف إلى إسناد درجة وترتيب لأداء الشبكة.

الملحق A

إرشادات إحصائية للحصول على نتائج ذات صفة تمثيلية

(يشكل هذا الملحق جزءاً أساسياً من هذه التوصية)

يمكن لمستخدم نظام المراقبة، باتباع إجراء يستند إلى اختبار الفرضيات، الحصول على نتائج ذات صفة تمثيلية لأداء جودة الخدمة للشبكة استناداً إلى أخذ العينات المطبق أثناء حملات القياس إلى جانب استخدام الاستدلال الإحصائي.

1.A عينات ذات صفة تمثيلية لمراقبة جودة الخدمة على المستوى الوطني

إن نهج النمذجة الإحصائية الموصى به لمستخدم نظام المراقبة الذي يرغب في مراقبة جودة الخدمة على المستوى الوطني باستخدام حملات القياس في الخلاء (OMC) يستند إلى نموذج من خطوتين:

- أخذ العينات العشوائي الطبقي؛
- أخذ العينات العشوائي البسيط.

تُستخدم الخطوة الأولى لانتقاء المناطق الجغرافية المطلوب قياسها في البلد (في هذا السياق، يمكن أن تشير المنطقة الجغرافية إلى المدن أو البلديات أو البلدات أو الطرق)، في حين تحدد الخطوة الثانية حجم العينة لكل منطقة محددة في الخطوة الأولى، من قبيل عدد المكالمات الصوتية التي تجرى في مدينة. ويمكن اختيار توزيع القياسات ضمن كل منطقة وفقاً للغرض من القياس، فعلى سبيل المثال، يمكن توزيع القياسات على نحو منتظم إذا لم تكن هناك حاجة للتمايز أو أمكن ترجيحها لإعطاء أهمية أكبر للمناطق الحضرية.

1.1.A أخذ العينات العشوائي الطبقي

يُستخدم التقسيم الطبقي، من وجهة نظر إحصائية، لإنتاج حد أصغر لخطأ التقدير أكثر مما يمكن إنتاجه بمجرد عينة عشوائية بسيطة من نفس الحجم. وعند مراقبة جودة الخدمة، يشكل التقسيم الطبقي أداة يمكن استخدامها لتقليل عدد المناطق التي يجب قياسها والتي لا تزال لها نتائج ذات صفة تمثيلية، فعلى سبيل المثال، يتعذر التنقل عبر البلدان ذات المساحة الجغرافية الكبيرة، لذلك يمكن تقسيم المنطقة إلى مجموعات (طبقات) وتقاس عينة من كل مجموعة.

وبهذا المعنى، يتيح التقسيم الطبقي توزيع المناطق الجغرافية إلى مجموعات أو طبقات متجانسة أو مختلفة. وتعرَّف المجموعات على أساس الخصائص المشتركة للمجموعة التي لها تأثير مباشر على مؤشر الأداء الرئيسي الذي يجري قياسه. ويمكن أن تشمل أمثلة الطبقات المتجانسة، على سبيل المثال لا الحصر، المناطق الجغرافية (المدن أو البلدات) المتشابهة في الكثافة السكانية أو كثافة محطات القاعدة، والطلب على الحركة، ومستويات التداخل، والمسافة بين المواقع، وما إلى ذلك. ثم تبنى الطبقات باختيار مجموعات غير متراكبة من المناطق الجغرافية في البلد (على سبيل المثال، إذا اختيرت الطبقات وفقاً لكثافة السكان، يمكن تصنيف المناطق المحلية في البلد ضمن مناطق حضرية أو ريفية، وتخصَص كل منطقة إلى مجموعة واحدة فقط، أي لا يمكن أن تكون المنطقة المحلية حضرية وريفية في الوقت نفسه). وأخيراً، يجب اختيار المناطق الجغرافية في كل طبقة يراد قياسها بشكل عشوائي لضمان صحة النتائج.

وفيما يلي الصيغ الإحصائية لأخذ العينات الطبقي، بما في ذلك مثال على المناطق المحلية الحضرية والريفية في بلد.

ويمكن اشتقاق عدد المناطق الجغرافية التي يراد قياسها أثناء الحملة من الصيغة التالية (عدد المناطق المحلية التي سيجري قياسها في بلد):

$$n = \frac{\left(\sum_{i=1}^{L} N_i \sigma_i\right)^2}{N^2 D + \sum_{i=1}^{L} N_i \sigma_i^2}$$

حيث

L هو إجمالي عدد الطبقات (المجموعات المستخدمة لتقسيم البلد؛ في حالة التصنيف الحضري والريفي، L = 2)؛

σ_i هو الانحراف المعياري المتوقع للطبقة i؛

N_i هو عدد المناطق الجغرافية في كل طبقة (عدد المناطق المحلية المصنفة كمناطق حضرية أو ريفية)؛

N هو إجمالي عدد المناطق الجغرافية (إجمالي عدد المناطق المحلية في بلد ما)؛

$D = \frac{B^2}{4}$ حيث B هو الحد على خطأ التقدير.

$$n_i = n\left(\frac{N_i\sigma_i}{\sum_{i=1}^{L} N_i\sigma_i}\right) \quad i = 1,2,3$$

حيث

n_i هو عدد المناطق الجغرافية الواجب قياسها في الطبقة i (بالنسبة إلى i = 1 (حضرية)، سيكون n_i هو عدد المناطق الحضرية المطلوب قياسها)؛

n هو إجمالي عدد المناطق الجغرافية التي يراد قياسها (عدد المناطق المحلية الحضرية والريفية الواجب قياسها).

2.1.A أخذ العينات العشوائي البسيط

بعد اختيار عدد المناطق الجغرافية في البلد المراد قياسه، تتكون الخطوة الثانية من أخذ العينات العشوائي البسيط لتحديد حجم العينة لكل من المناطق الجغرافية المنتقاة مسبقاً، أي قياسات عدد المكالمات الصوتية أو البيانات أو الرسائل القصيرة التي يراد إجراؤها أو إرسالها.

وأثناء الخطوة الثانية من النمذجة الإحصائية، يُستخدم أخذ العينات العشوائي البسيط لتحديد عدد الأحداث اللازمة لقياس مؤشر أداء رئيسي (KPI) معين بمستوى محدد للثقة والخطأ في التقدير.

وإذا كانت المعلمة قيد الدراسة هي قيمة متوسطة، يُحسب حجم العينة على النحو التالي:

$$m_i = \frac{z^2_{1-\alpha/2}}{a^2} \cdot \left(\frac{\sigma_i}{\bar{x}_i}\right)^2$$

حيث

m_i هو حجم العينة في الطبقة i؛

$z_{1-\alpha/2}$ هي شريحة النسبة المئوية $1 - \alpha/2$ لتوزيع طبيعي معياري؛

$1 - \alpha$ هو مستوى الثقة؛

a هو الحد على خطأ التقدير؛

$\bar{x}_i$ هو لقيمة المتوسطة لمعلمة الرصد في الطبقة i؛

σ_i و $\bar{x}_i$ يحسبان من حملات القياس السابقة.

وإذا كانت المعلمة قيد الدراسة نسبة، فينبغي حساب حجم العينة لكل مؤشر من مؤشرات الأداء الرئيسية باستخدام الصيغة التالية:

$$n \geq \frac{k^2 * P * (1 - P)}{d^2}$$

حيث

n هو حجم العينة؛

k هو مستوى الثقة؛

P هي القيمة المستهدفة للنسبة (عتبة مؤشر الأداء الرئيسي قيد الدراسة)؛

d هو أقصى خطأ مقبول في التقدير (الفرق بين القيمة الفعلية P وتقديرها p).

ولكل طبقة، يمكن الحصول على الانحراف المعياري σ_i والقيمة المتوسطة $\bar{x}_i$ المقابلة للطبقة i المحصَّلة من حملة القياس على النحو التالي:

$$\sigma_i^2 = \frac{\sum_{k=1}^{n_i}(x_k - \bar{x}_i)^2}{n_i - 1}$$

$$\bar{x}_i = \frac{\sum_{k=1}^{n_i} x_k}{n_i}$$

$$x_k = \frac{\sum_{j=1}^{m_i} p_j}{m_i}$$

حيث

σ_i^2 هو تغاير المعلمة قيد الرصد في الطبقة i؛

x_k هي القيمة المتوسطة لكل من عينات n المقابلة للطبقة i؛

P_j هي قيمة القياس i ضمن عينة حجمها m_i.

لتحديد ما إذا كان المشغل قد حقق عتبة معينة، يوصى باستخدام اختبار الفرضيات القائم على نتائج القياس لجميع الطبقات.

2.A اختبار الفرضيات

اختبار الفرضيات هو أداة استدلال إحصائية لتحديد ما إذا كانت النتائج المحصَّلة من العينة المحددة ذات مغزى من منظور إحصائي، مما يعني أن مشغل شبكة الاتصالات المتنقلة (MNO) يلتزم بعتبة دنيا لجودة الخدمة.

ولتطبيق اختبار الفرضيات الإحصائية، يتحدد المتوسط والانحراف المعياري للقيم المرجحة لنتائج حملة القياس:

ويحدَّد وزن الترجيح استناداً إلى عدد السكان في كل طبقة Ni، فيما يتعلق بإجمالي عدد السكان N:

$$w_i = {N_i}/{N}$$

وتعطى القيم المرجحة للمتوسط والانحراف المعياري لمؤشر الأداء الرئيسي على أساس القيم المتوسطة لكل طبقة i من خلال:

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^{L} w_i \bar{x}_i$$

$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^{L} w_i^2 \, \sigma_{\bar{x}_i}^2$$

وبعد حساب المتوسط والانحراف المعياري لنتائج القياس، فإن الخطوة الأولى في اختبار الفرضيات هي تحديد فرضية بديلة. وبعد ذلك، يحدد اختبار الفرضية الإحصائية ما إذا كانت فرضية انعدام الفروق صحيحة، باحتمال معين، أو تُقبل الفرضية البديلة.

بالنظر إلى نتائج القياس، يمكن إجراء اختبار للفرضية استناداً إلى إجمالي القيمة المتوسطة وعتبة مؤشر الأداء الرئيسي التي تحددت.

وتنص فرضية انعدام الفروق (H_0) على أن مشغل شبكة الاتصالات المتنقلة (MNO) يلتزم بعتبة دنيا لمؤشر الأداء الرئيسي (μ)، وفي الوقت نفسه، تنص الفرضية البديلة (H_a) على أن مشغل شبكة الاتصالات المتنقلة (MNO) لا يلتزم بهذه العتبة. ولاختبار الفرضية الإحصائية مستوى دلالة هو α.

وبهذه الطريقة، يمكن التعبير عن الفرضيات على النحو التالي:

$$H_0: x_{st} \geq \mu$$

$$H_a: x_{st} < \mu$$

بناءً على البيانات من عينات القياسات المحصَّلة من حملة القياس، يمكن لاختبار الفرضيات الإحصائية تحديد ما إذا كان ينبغي قبول فرضية انعدام الفروق أو رفضها.

وفيما يلي مثال على كيفية تطبيق اختبار الفرضيات عندما يحدد المنظم عتبات مؤشر الأداء الرئيسي في شكل نسب. ولمزيد من المعلومات والمراجع بشأن مقاييس وإجراءات مختلفة للتقييم الإحصائي، انظر التوصيتين [ITU-T E.840]، [ITU-T P.1401] والمراجع الواردة فيهما.

ويُتخذ القرار بمقارنة إحصائية الاختبار (x_{st}) التي يمكن حسابها من قيمة حرجة $z_{1-\alpha}$:

$$x_{st} = \frac{\bar{x} - \mu}{\sigma}$$

حيث

μ هي عتبة مؤشر الأداء الرئيسي التي حددها المنظم (القيمة المتوسطة)؛

$$X = \frac{p_{st} - p}{\sqrt{\frac{p\,(1-p)}{n}}}$$

حيث

p هي عتبة مؤشر الأداء الرئيسي التي حددها المنظم (النسبة)؛

$Z_{1-\alpha}$ هي القيمة z التي تقابل التوزيع الطبيعي المعياري بمستوى دلالة α؛

n هو العدد الإجمالي للعينات المحصَّلة من حملات القياس لكل معلمة من معلمات جودة الخدمة عند أخذ جميع الطبقات في الاعتبار.

وأخيراً، إذا كانت إحصائية الاختبار (x_{st}) أكبر من أو تساوي القيمة الحرجة $z_{1-\alpha}$ عندئذ لا توجد، إحصائياً، معلومات كافية لرفض فرضية انعدام الفروق بمستوى دلالة α (مما يعني أن مشغل شبكة الاتصالات المتنقلة (MNO) يلتزم بالعتبة التي حددها المنظم ولن تُفرض أي عقوبة)؛ وبخلاف ذلك، تُرفض فرضية انعدام الفروق، وتُقبل الفرضية البديلة (مشغل شبكة الاتصالات المتنقلة (MNO) لا يلتزم بعتبة المنظم).

بيبليوغرافيا

[b-ITU-T E.800] Recommendation ITU-T E.800 (2008), *Definitions of terms related to quality of service*.

[b-ECC Report 103] Electronic Communications Committee within the European Conference of Postal and Telecommunications Administrations (CEPT) Report 103 (2007), *UMTS coverage measurements.*

[b-ECC Report 256] Electronic Communications Committee within the European Conference of Postal and Telecommunications Administrations (CEPT) Report 256 (2016), *LTE coverage measurements*.

[b-ECC Report 118] Electronic Communications Committee within the European Conference of Postal and Telecommunications Administrations (CEPT) Report 118 (2008), *Monitoring methodology to assess the performance of GSM networks*.

[b-ECC Report 231] Electronic Communications Committee within the European Conference of Postal and Telecommunications Administrations (CEPT) Report 231 (2015), *Mobile coverage obligations*.

[b-ECC Rec (12) 03] Electronic Communications Committee within the European Conference of Postal and Telecommunications Administrations (CEPT) Recommendation (12) 03 (2013), *Determination of the radiated power through field strength measurements in the frequency range from 400 MHz to 6000 MHz*.

سلاسل التوصيات الصادرة عن قطاع تقييس الاتصالات

السلسلة A	تنظيم العمل في قطاع تقييس الاتصالات
السلسلة D	مبادئ التعريفة والمحاسبة والقضايا الاقتصادية والسياساتية المتصلة بالاتصالات/تكنولوجيا المعلومات والاتصالات على الصعيد الدولي
السلسلة E	**التشغيل العام للشبكة والخدمة الهاتفية وتشغيل الخدمات والعوامل البشرية**
السلسلة F	خدمات الاتصالات غير الهاتفية
السلسلة G	أنظمة الإرسال ووسائطه والأنظمة والشبكات الرقمية
السلسلة H	الأنظمة السمعية المرئية والأنظمة متعددة الوسائط
السلسلة I	الشبكة الرقمية متكاملة الخدمات
السلسلة J	الشبكات الكبلية وإرسال إشارات تلفزيونية وبرامج صوتية وإشارات أخرى متعددة الوسائط
السلسلة K	الحماية من التداخلات
السلسلة L	البيئة وتكنولوجيا المعلومات والاتصالات، وتغير المناخ، والمخلفات الإلكترونية، وكفاءة استخدام الطاقة، وإنشاء الكبلات وغيرها من عناصر المنشآت الخارجية وتركيبها وحمايتها
السلسلة M	إدارة الاتصالات بما في ذلك شبكة إدارة الاتصالات وصيانة الشبكات
السلسلة N	الصيانة: الدارات الدولية لإرسال البرامج الإذاعية الصوتية والتلفزيونية
السلسلة O	مواصفات تجهيزات القياس
السلسلة P	نوعية الإرسال الهاتفي والمنشآت الهاتفية وشبكات الخطوط المحلية
السلسلة Q	التبديل والتشوير، والقياسات والاختبارات المرتبطة بهما
السلسلة R	الإرسال البرقي
السلسلة S	التجهيزات المطرافية للخدمات البرقية
السلسلة T	المطاريف الخاصة بالخدمات التليماتية
السلسلة U	التبديل البرقي
السلسلة V	اتصالات البيانات على الشبكة الهاتفية
السلسلة X	شبكات البيانات والاتصالات بين الأنظمة المفتوحة ومسائل الأمن
السلسلة Y	البنية التحتية العالمية للمعلومات، والجوانب الخاصة ببروتوكول الإنترنت وشبكات الجيل التالي وإنترنت الأشياء والمدن الذكية
السلسلة Z	اللغات والجوانب العامة للبرمجيات في أنظمة الاتصالات

طُبعت في سويسرا
جنيف، 2020