5G Telecommunications SLA KPI Handbook

Definitions, Formulas, Targets, and Operating Practices

دليل مؤشرات اتفاقيات مستوى الخدمة (SLA) في شبكات الجيل الخامس 5G

الملخص التنفيذي

يوفر هذا الدليل مرجعًا عمليًا ومحايدًا للمورّدين لتعريف وقياس وحوكمة اتفاقيات مستوى الخدمة في شبكات الجيل الخامس. يغطي مؤشرات الأداء على مستوى الخدمة من الطرف إلى الطرف، وأهداف الشرائح (Network Slices)، وآليات تحويل نتائج المؤشرات إلى تقارير شفافة واعتمادات مالية قابلة للتدقيق.

يُدخل الجيل الخامس نواة سحابية، وتجزيء مكوّنات الراديو، وتقنية الشبكات المُجزّأة، والحوسبة الطرفية. توسّع هذه الابتكارات نطاق ما يمكن أن تغطيه اتفاقية مستوى الخدمة، لكنها تُعقّد أيضًا حدود المسؤولية وطرق القياس والمساءلة. يركّز هذا الدليل على الوضوح—تعريفات دقيقة للمؤشرات، ومعادلات قابلة للاستنساخ، وطرائق قابلة للتدقيق عبر مجالات RAN و النواة و النقل و MEC.

استخدم هذا المستند لملاءمة فرق المنتجات والهندسة والشؤون القانونية حول نطاق SLA. اعتبر الأرقام والأمثلة نقطة انطلاق؛ وعدّلها وفق الجغرافيا والتصميم والنقل والطيف والتطبيقات والأهداف والاستثناءات وصيغ الاعتمادات.

5 خدمات شبكة G وسياق اتفاقيات SLA

أنماط الخدمة: النطاق العريض المتنقل المحسّن (eMBB)، والاتصالات فائقة الاعتمادية وزمن التأخير المنخفض جدًا (URLLC)، واتصالات الآلة واسعة النطاق (mMTC). كل فئة تفرض حزمة مؤشرات مختلفة واستراتيجية قياس خاصة.

تسمح الشبكات المُجزّأة بإنشاء شبكات منطقية متعددة—لكل منها جودة خدمة وعزل مختلف—فوق بنية تحتية مشتركة. قد تُعرض اتفاقيات SLA على مستوى الشريحة (S-NSSAI) مع قياسات وتقارير لكل شريحة.

تؤدي نواة 5G السحابية (AMF/SMF/UPF) وMEC إلى تقليل زمن التأخير عبر تقريب أعباء العمل من المستخدم، لكنها تزيد نقاط القياس وعدد الساعات التي يجب مزامنتها.

يشمل النطاق من الطرف إلى الطرف سلسلة: جهاز المستخدم ← شبكة النفاذ الراديوية (gNB) ← نواة ← النقل/الخلفية/الأمامية ← الشبكات الخارجية. يجب أن تُصرَّح تعريفات المؤشرات بحدود القياس والميزانيات الزمنية لكل نطاق 5G ← التطبيق/الحافة.

أساسيات اتفاقيات SLA

مصطلحات أساسية: اتفاقية مستوى الخدمة (SLA)، هدف مستوى الخدمة (SLO)، مؤشر الأداء (KPI)، مؤشر جودة التجربة (KQI)، اتفاقية مستوى التشغيل الداخلية (OLA)، والعقود الداعمة مع الأطراف الثالثة.

حدّد ما هو ضمن النطاق وحدود المسؤولية: النطاق (مثلاً RAN+النواة+النقل). وما هو خارج النطاق (مثل شبكة العميل أو الإنترنت العام). أدرج نوافذ الصيانة والقوة القاهرة وبلاغات الأعمال المخططة.

منهجية القياس: امزج بين القياس السلبي (عدادات وسجلات تدفق) والقياس النشط (اختبارات اصطناعية مثل TWAMP وHTTP). عرّف أحجام العينات، والإيقاع، والقيم المئوية (P50/P95/P99)، وقواعد الاستثناء.

الاعتمادات والمعالجات: عرّف العتبات وفترات السماح والحدود القصوى، وصيغة تحويل انحراف المؤشرات إلى اعتمادات مالية شهرية. وفّر أمثلة عملية.

تصنيف مؤشرات KPI (من طرف إلى طرف وعلى مستوى الشريحة)

- توافر الخدمة (شهري)
- زمن التأخير P50/P95/P99 ضمن نطاق محدد—اتجاه واحد وذهاب-إياب؛ تقرير القيمة P95
- التذبذب (Jitter)—التغيّر المطلق بين الحزم
- فقدان الحزم—على قياسات نشطة أو سجلات تدفق ثنائية الاتجاه
- المعدل/النفاذ الفعلي—معدل طبقة التطبيق المستدام
- الموثوقية (URLLC)—احتمال النجاح ضمن ميزانية زمنية

- معدل نجاح التسجيل؛ معدل نجاح إنشاء جلسة PDU
- معدل نجاح التسليم بين الخلايا)داخل/بين التقنيات (ونسب نجاح/فشل RRC
- مقابل ميزانيات التأخير/الفقد QIالالتزام بـ 5
- زمن جدولة، BLER نسبة خطأ الكتل، PRB استخدام: صحة RAN
- زمن إشارات N11/N4، نجاح جلسات PFCP، صحة النواة AMF/SMF/UPF: استهلاك
- النقل :توافر الوصلات، تأخير الإطار، تذبذب التأخير، الفقد)لكل فئة خدمة(
- زمن التوسّع التلقائي، API الحافة/التطبيق :زمن تشغيل الحاويات البارد، تأخير واجهات
- ومعدل الإيجابيات الكاذبة، DDoS الأمن :زمن كشف/تخفيف هجمات

تعريفات ومعادلات لمؤشرات

حيثما أمكن؛ وإلا فاذكر (PTP) استخدم تعريفات غير ملتبسة مع وحدات و نوافذ زمنية .فضّل قياس التأخير أحادي الاتجاه مع مزامنة زمنية على نوافذ ثابتة Pxx افتراضات القياس ذهاب-إياب .أبلغ عن القيم المئوية كقيم.

يلخّص الجدول التالي المعادلات القياسية .وللتوافر، اجعل قواعد الاشتمال/الاستبعاد صريحة)ما الذي يُعد انقطاعًا، وكيف يُتعامل مع التأثير الجزئي، وما إذا كانت الصيانة المخططة مستثناة(.

المؤشر	التعريف / المعالجة	التفاصيل الإحصائية
توفر الخدمة	(الزمن الكلي – زمن الانقطاع) ÷ (الزمن الكلي) × 100٪	شهري
زمن التأخير (اتجاه واحد)	الوسيط / P95 / P99 لقياسات مجسات مختومة زمنيًا)بالملي ثانية(	15 دقيقة /كل ساعة
التذبذب (Jitter)	P95(|Δ التأخير|) أو IQR لزمن التأخير أحادي الاتجاه)بالملي ثانية(	15 دقيقة /كل ساعة
فقدان الحزم	(الحزم المفقودة ÷ الحزم المرسلة) × 100٪	15 دقيقة /كل ساعة
معدل النقل الفعلي	بتات طبقة التطبيق المُسلمة ÷ الزمن (Mb/s)	15 دقيقة /كل ساعة
معدل نجاح التسجيل	(عدد التسجيلات الناجحة ÷ المحاولات) × 100٪	يومي /شهري
معدل نجاح إنشاء جلسة PDU	(النجاحات ÷ الطلبات) × 100٪	يومي /شهري
معدل نجاح التسليم بين الخلايا	(النجاحات ÷ المحاولات) × 100٪	يومي
الالتزام بـ 5 QI	نسبة التدفقات التي تلتزم بميزانية 5 QI (تأخير/فقد)	كل ساعة /شهري
موثوقية URLLC	{الحزمة ضمن الميزانية ومن دون فقد} Pr عبر 1000 تجربة	لكل شريحة /لكل جلسة

أهداف مستوى الخدمة)إشارية(

وطوبولوجيا النقل وحِمل التطبيقات .القيم أدناه نقطة بداية للنقاش—قُم بتنقيحها عبر RAN تختلف الأهداف حسب الجغرافيا والطيف وتصميم تجارب وطيّارين مع العملاء.

الفئة	التوفر	زمن التأخير (ذهاب داخل المدينة)	فقدان الحزم	التذبذب	ملاحظات
eMBB	≥ 99.90٪ / شهر	≤ 30 ملي ثانية P95	≤ 0.10٪	≤ 10 ملي ثانية	معدل النفاذ حسب العقد
URLLC	≥ 99.999٪ (مسار التحكم)	≤ 5–10 ملي ثانية P99	≤ 10^{-5}	≤ 1 ملي ثانية	خاصة بالشريحة وحتمية
mMTC	≥ 99.0٪ (الوصول)	≤ 100 ملي ثانية P95	≤ 1.0٪	≤ 20 ملي ثانية	عدد هائل من الأجهزة
شريحات خاصة صناعية	≥ 99.99٪	≤ 20 ملي ثانية P95	≤ 0.10٪	≤ 5 ملي ثانية	حافة حوسبة داخل الموقع

قياس الأداء

انشر قياسات سلبية)عدادات/تدفّقات (وقياسات نشطة)معاملات اصطناعية (عند مستويات الجهاز والراديو والنقل والنواة والحافة .احرص حيث ينطبق QIو S-NSSAI 5 على مراقبة لكل شريحة—وسوم.

عالي الجودة .وثّق مصادر NTP)مع ساعات حدودية/شفافة (أو PTP المزامنة الزمنية حاسمة للتأخير أحادي الاتجاه والتذبذب .استخدم الوقت وحدود الانحراف وسلوك الاستمرار عند فقدان المصدر.

التحليلات :مركزية السلاسل الزمنية في مسار مرن؛ احسب القيم المئوية بدقة .للجنوح، امزج القواعد مع خطوط أساس معتمدة على التعلم حتميًا وقابلاً للتدقيق SLA الآلي مع إبقاء تقييم.

جودة البيانات ومزامنة الوقت

تحقق من اكتمال وحداثة و دقة الطوابع الزمنية قبل حساب المؤشرات .تتبّع الفترات المفقودة وطبّق قواعد تحفظية)مثلاً اعتبار الفجوات أسوأ حالة للمؤشر المتأثر ما لم يتم تفسيرها(.

مللي ثانية ضمن MEC 10+مللي ثانية، النقل 7 مللي ثانية، النواة RAN 8 :في المسارات متعددة المجالات، قسّم ميزانيات التأخير)مثال هدف 25 مللي ثانية (وقم بقياس كل مجال لتحديد السبب الجذري.

التقارير والتصور

انشر تقارير شهرية تتضمن ملخصًا تنفيذيًا وجداول مؤشرات ورسومات للقيم المئوية وجداول زمنية للأعطال وملخصات للأسباب الجذرية . أرفق ملحقًا لكل شريحة عند التعاقد على الشرائح.

وفّر إمكانات التعمّق للعملاء :خرائط حرارية جغرافية، أداء لكل QI، 5 ومجموعات أجهزة .احفظ التصدير الخام متاحًا للتدقيق.

الحوكمة والامتثال

حدّد الأدوار والمسؤوليات عبر فرق المنتج وغرفة العمليات والهندسة والشؤون القانونية .صف إجراءات الحوادث والتغيير و SLAs الإخطار ونوافذ الصيانة .وضّح الاستثناءات وآلية اعتمادها.

حافظ على قاموس مؤشرات بإصدارات. عند تغيير التعريفات، شغّل الحسابات القديمة والجديدة بالتوازي لدورة واحدة ووثّق الأثر.

الاعتمادات والعقوبات (مثال)

ينبغي أن تكون الاعتمادات ذات أثر ملموس ولكن بحد أقصى يحمي استمرارية الخدمة. استخدم جدولاً متدرّجًا لكل مؤشر مع حد شهري إجمالي عبر جميع المؤشرات. ينطبق الجدول على التوافر والتأخير وفقدان الحزم.

مثال حسابي: إذا كان الهدف الشهري للتوافر 99.90٪ والفعلي 99.72٪ (انحراف 0.18 نقطة مئوية)، يكون الرصيد 10٪ من الرسوم الشهرية للخدمة. إذا تعددت المؤشرات المُخلة، طبّق الحد الأقصى المعلن (مثلاً 20٪).

مقدار الانحراف عن الهدف	رصيد (٪ من الرسوم الشهرية)	ملاحظات
تحقيق الهدف أو أعلى	0٪	لا يوجد رصيد
≤ 0.10 نقطة مئوية أقل	5٪	يُطبق لكل مؤشر
0.10–0.30 نقطة مئوية أقل	10٪	تراكمي خلال الشهر
> 0.30 نقطة مئوية أقل	20٪ (حد أقصى)	حد شهري إجمالي عبر جميع المؤشرات

الملحق أ: توفرية الخدمة مقابل الحد الأقصى لزمن الانقطاع

يوفر هذا المرجع ترجمة الأهداف المئوية إلى أقصى زمن انقطاع مسموح لشهر من 30 يومًا ولسنة من 365 يومًا.

توفرية الخدمة	أقصى انقطاع/شهر (30 يوم)	أقصى انقطاع/سنة (365 يوم)
99.000%	432.00 دقيقة	5256.00 دقيقة
99.500%	216.00 دقيقة	2628.00 دقيقة
99.900%	43.20 دقيقة	525.60 دقيقة
99.950%	21.60 دقيقة	262.80 دقيقة
99.990%	4.32 دقيقة	52.56 دقيقة
99.995%	2.16 دقيقة	26.28 دقيقة
99.999%	0.43 دقيقة	5.26 دقيقة

الملحق ب: المصطلحات

- 5QI: معرّف جودة خدمة في 5G. يحدد ميزانيات التأخير/الفقد والأولوية.
- AMF/SMF/UPF: وظائف النواة لإدارة الوصول/الجلسات والمستوى المستخدم.
- KQI مقابل KPI: مؤشر قياس مقابل جودة خبرة العميل (مثل MOS).
- NWDAF: وظيفة تحليلات بيانات الشبكة في 5G.
- SLA/SLO: اتفاقية مقابل هدف.
- S-NSSAI: معلومات مساعدة اختيار شريحة الشبكة.

- عائلات خدمات 5G: URLLC/eMBB/mMTC.

إخلاء مسؤولية

هذا الدليل مرجع تقني وليس نصيحة قانونية. ينبغي تكييف صياغة وأهداف SLA والتزامات العملاء وفق تصميم شبكتك واللوائح المعمول بها.

5G Telecommunications SLA KPI Handbook

Definitions, Formulas, Targets, and Operating Practices

دليل مؤشرات الاتفاقيات (SLA) في قطاع خدمات الاتصالات وتقنية المعلومات 5G

October 30, 2025