

Rappels

Le terme de qualité de service (QoS) est largement utilisé aujourd'hui, non seulement dans le monde des opérateurs de télécommunication dans lequel il a ses racines, mais de plus en plus dans les services multimédia filaire et sans fil basés sur le protocole IP. Les réseaux et les systèmes sont progressivement conçus en tenant compte des performances de bout en bout requises par les applications utilisateur. Cependant, le terme QoS n'est généralement pas bien défini, est utilisé de manière vague ou, pire encore, mal utilisé.

La qualité de service (QoS) est définie dans la Recommandation [UIT-T E.800](#) comme étant l'effet collectif des performances qui détermine le degré de satisfaction d'un utilisateur du service. En général, la qualité de service est mesurée de manière objective. Dans les réseaux, la qualité de service est généralement une mesure de la performance des transmissions fournies par le réseau. Les mécanismes de qualité de service incluent tout mécanisme qui contribue à améliorer les performances globales du système et donc à améliorer l'expérience de l'utilisateur final. Les mécanismes de qualité de service peuvent être mis en œuvre à différents niveaux. Par exemple, au niveau de la couche réseau, les mécanismes de qualité de service incluent des mécanismes de gestion du trafic tels que la mise en mémoire tampon et la planification des transmissions utilisée pour différencier le trafic appartenant à différentes applications. D'autres mécanismes de qualité de service à des niveaux autres que le transport incluent la dissimulation de perte, la correction d'erreur directe (FEC), etc.

Les paramètres de qualité de service sont utilisés pour décrire la qualité de service observée et peuvent être à leur tour définis sur différentes couches.

Le terme "qualité de service" devrait normalement couvrir les aspects techniques et non techniques affectant un service. Différents concepts et orientations ont été développés pour couvrir divers intérêts et points de vue de toutes les parties du marché des services de télécommunication, à savoir les utilisateurs, les fournisseurs de services, les opérateurs de réseaux, les fabricants et les régulateurs. Dans de nombreux cas, l'intérêt est porté plus vers l'utilisateur et ses attentes en matière de qualité. Ces attentes peuvent varier en fonction des besoins de l'utilisateur mais aussi de sa perception personnelle du niveau de qualité atteint. Dans ce cas, les composants *subjectifs* ont un poids de plus en plus important et le terme "qualité de service" doit être étendu à la "qualité de l'expérience" avec une signification plus subjective.

Le terme [Quality of Experience \(QoE\)](#) est actuellement utilisé pour souligner le caractère purement *subjectif* des évaluations de la qualité, et pour mettre l'accent sur le point de vue de l'utilisateur quant à la valeur globale du service fourni. L'importance accrue du terme QoE est liée au fait que, par le passé, le terme QoS était utilisé avec laxisme et principalement pour les concepts techniques axés uniquement sur les éléments du réseau. La définition de la qualité de service inclut toutefois le degré de satisfaction d'un utilisateur avec un service. Ainsi, des aspects non techniques sont inclus, comme par exemple l'environnement de l'utilisateur, ses attentes, la nature du contenu et son importance. Mais la plupart des fournisseurs de services n'utilisaient la qualité de service que par rapport à l'interaction directe entre le service et le réseau. Il y avait donc une forte focalisation sur la performance réelle du réseau et son influence immédiate sur les aspects perceptibles par les utilisateurs, tandis que des aspects subjectifs supplémentaires et non directement liés au service étaient omis.

La QoE est définie dans la Recommandation UIT-T P.10 / G.100 comme étant l'acceptabilité globale d'une application ou d'un service, telle qu'elle est perçue subjectivement par l'utilisateur final. Il inclut tous les effets système de bout en bout (client, terminal, réseau, infrastructure de service, etc.) et peut être influencé par les attentes et le contexte des utilisateurs. La QoE est donc mesurée de manière subjective par l'utilisateur final et peut différer d'un utilisateur à l'autre. Cependant, pour des raisons pratiques, il est souvent estimé en utilisant des mesures objectives.

Les mesures objectives de la performance des services, telles que la perte ou le retard des informations, contribuent à la QoE. Ces mesures objectives peuvent être associées à des composantes humaines pouvant inclure des émotions, des antécédents linguistiques, une attitude ou une motivation, afin de déterminer l'acceptabilité globale du service par l'utilisateur final.

Par exemple, la QoE pour la vidéo peut être mesurée via [des tests subjectifs soigneusement contrôlés](#) (Recommandation UIT-R BT.500-11 et Recommandation UIT-R P.800) où les échantillons vidéo sont montrés aux spectateurs à qui on demande de les évaluer sur une échelle. La note attribuée à chaque cas est calculée en moyenne pour obtenir le score d'opinion moyen (MOS). Il s'agit d'une QoE subjective.

En général, il existe une corrélation entre la QoE subjective et divers métriques de performance. De plus, certains paramètres objectifs sont plus proches de l'utilisateur et peuvent décrire mieux l'interaction entre le service et l'utilisateur. En combinant tous ces paramètres on peut prédire la QoE, aussi sous forme d'un score MOS, de manière à ce qu'elle soit représentative de la QoE subjective. Il s'agit de la QoE objective. Les algorithmes de mesure de la QoE objective reposent notamment sur des hypothèses et des approximations et ils sont souvent calibrés par des expérimentations et des tests subjectifs. En raison de la complexité des services et les nombreux facteurs qui ont une influence sur la qualité, il n'existe pas de relation univoque qui autoriserait des déclarations telles que "Si la bande passante est augmentée de 200 kbit/s, alors l'utilisateur augmentera sa note de 0.5 point".

Pour garantir la qualité de service appropriée, des objectifs QoE doivent être définis pour chaque service et être inclus

dès le début dans les processus de conception et d'ingénierie du système, où ils sont traduits en indicateurs de performance. En connaissant la QoE cible pour un utilisateur, on pourrait en déduire les performances à atteindre au niveau réseau et ainsi mieux optimiser les ressources utilisées du réseau.

Une fois le réseau est opérationnel, les mesures continues de performance et de qualité permettent de veiller sur le bon fonctionnement du réseau et de vérifier que la qualité ciblée est atteinte. Les opérateurs réseaux utilisent souvent le terme KPI (« Key Performance Indicator ») pour désigner ces mesures de performance qui peuvent être simples comme un taux de perte, ou combinant plusieurs paramètres et métriques du réseau. Les KPIs peuvent être affichés simplement sur des écrans de contrôle ou traités de manière automatique afin de déclencher des alertes et éventuellement des actions de réparation.

A l'instar des KPIs, le terme KQI (« Key Quality Indicator ») a été défini récemment et commence à être utilisé pour désigner des mesures décrivant mieux le service offert par le réseau et observé par l'utilisateur, et non pas seulement les performances du réseau. Un KQI peut constituer seul, ou en le combinant avec d'autres paramètres, une mesure de QoE objective. Les KQIs sont appelées aussi indicateurs externes car ils prennent en compte d'autres paramètres à l'extérieur du réseau. Exemple : le nombre de pixels manquants dans une image vidéo. En particulier, l'organisation ETSI (« European Telecommunications Standards Institute ») a essayé de regrouper, dans la série des spécifications [TS 102 250-x](#), plusieurs indicateurs de qualité pour les applications multimédia dans les réseaux mobiles.

E-Model

Consultez la recommandation [G.107 \(06/2015\)](#) de l'Union Internationale de Télécommunication (ITU) sur le site <https://www.itu.int/>. Ensuite répondez aux questions suivantes :

1 - Commencez par observer la figure de la page 3 du document (page 9 du pdf), ensuite donnez l'équation principale de calcul du R-factor (R pour 'transmission Rating'). Donnez brièvement le rôle des cinq termes du R-factor.

2 - Est-ce que le taux de perte des paquets audio est pris en compte dans ce calcul ? Précisez dans quel terme de l'équation du R-factor. Même question pour le délai réseau de bout en bout.

3 - Quelle est la valeur de R à partir de laquelle on considère que la qualité de la conversation téléphonique est : très bonne ? acceptable ? (Page 16 du document ou page 22 du pdf)

4 - Que signifie MOS-CQE ? GoB ? PoW ? Quelle est l'utilité de chaque estimateur ?

5 - Calculez le MOS qui correspond à R=75.

6 - Le Tableau 3 (Section 7.7) présente les valeurs par défaut du modèle. Entre autres, $T=T_a=I_e=P_{pl}=0$. Avec les paramètres par défaut $R = 93.2$ qui représente la qualité sans délai et sans perte entre les interlocuteurs. Ainsi, si on suppose qu'il n'y a pas d'échos ou qu'ils sont négligeables, on peut utiliser cette formule simplifiée du modèle :

$$R = 93.2 - I_{dd} - I_{e-eff}.$$

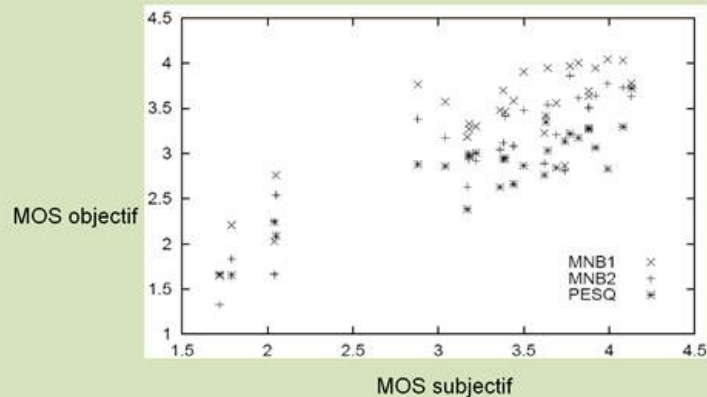
Calculez le R-factor pour un taux de perte égale à 0, $I_e=0$ et un délai $T=T_a=50\text{ms}$, 150ms , 300ms , et enfin 500ms . Interprétez les résultats. Indication : Voir Section 7.4 et l'équation (7-27)

7 - Toujours avec la formule simplifiée, calculez le R-factor pour $P_{pl}=1\%$, 5% et 10% . On fixe $T=T_a=150\text{ms}$, $B_{urstr}=1$ (pas de pertes successives supplémentaires). On suppose que le codec utilisé est le G.729. Donc, $I_e=11$ et $B_{pl}=19$ (Obtenues à partir de la recommandation ITU-T G.113). Interprétez les résultats. Indication : Voir Section 7.5 et l'équation (7-29)

A noter que les recommandations [G.107.1 \(06/2019\)](#) et [G.107.2 \(06/2019\)](#) ont mis à jour le E-model afin de prendre en compte les nouveaux types d'audio wideband et fullband. Néanmoins, les formules des différents termes n'ont pas radicalement changé. Toujours en cours d'actualisation.

PESQ

8 - Afin d'estimer la qualité d'une transmission audio en directe, plusieurs tests de qualité objective et subjective ont été effectués. Les valeurs MOS (Mean Opinion Score) obtenues sont résumées dans le graphique ci-dessous. Pour les tests objectifs, les algorithmes qui ont été utilisés sont MNB (Measuring Normalizing Block) variante 1 et 2, et PESQ (Perceptual Evaluation of Speech Quality). Chaque point sur le graphique correspond aux résultats des tests effectués sur les mêmes séquences audio. L'axe des ordonnées donne la valeur du MOS objectif pour l'algorithme concerné, et l'axe des abscisses donne la valeur du MOS subjectif.



8.1 - Rappelez la procédure et le principe des tests [subjectifs](#) et [objectifs](#).

8.2 - Interprétez les résultats affichés sur le graphique en déduisant l'algorithme qu'il est conseillé d'utiliser pour les prochains tests objectifs. Justifiez votre réponse. Indication : À l'aide d'un outil graphique, tracez la diagonale, c-à-d la droite d'équation $x=y$.

9 - Consultez le fichier pdf de la recommandation ITU P.862 : « Evaluation de la qualité vocale perçue : méthode objective d'évaluation de la qualité vocale de bout en bout des codecs vocaux et des réseaux téléphoniques à bande étroite ». Le fichier pdf se trouve dans le fichier .zip à récupérer à partir de ce lien <http://www.itu.int/rec/T-REC-P.862-200102-I/fr>.

Quelle est la note maximale pouvant être fournie par l'algorithme PESQ ?

10 - A partir du fichier .zip à télécharger depuis <http://www.itu.int/rec/T-REC-P.862-200511-I!Amd2/en>, extrayez et copiez le répertoire conform sur votre PC. Ensuite, écoutez le fichier audio conform/u_am1s01.wav, puis le fichier audio conform/u_am1s01b2c8.wav. Le deuxième fichier représente l'enregistrement du premier mais en subissant des dégradations.

Donnez une note sous forme d'un nombre réel entre 1 et 5 afin d'estimer la qualité du fichier dégradé selon vous (Vous pouvez faire la moyenne de votre note et celle de votre binôme).

11 - Refaites le même test avec cette fois-ci le fichier conform/u_am1s01b2c1.wav.

12 - A partir du même fichier .zip, extrayez et copiez le répertoire source sur votre PC. Ensuite, compilez, puis créez un exécutable nommé par exemple pesq : `gcc -lm -o pesq *.c`

12.1 - Exécutez le programme (`./pesq`). Quelle est la signification de l'option `+8000` et `+16000` ?

12.2 - Quelle(s) valeur(s) faut-il choisir pour tester les fichiers audio conform/u_am1s01.wav, conform/u_am1s01b2c8.wav et conform/u_am1s01b2c1.wav ? (`+8000` ou `+16000`)

12.3 - *Facultatif* : Vérifiez que la valeur choisie est en cohérence avec la durée de l'audio, la taille du fichier audio et le codage utilisé, en vérifiant que :

La durée du contenu audio = taille du fichier audio / débit du codec audio

Débit du codec audio = fréquence d'échantillonnage x taille d'un échantillon

Comparez les durées obtenues avec les valeurs affichées par le logiciel audio et/ou l'explorateur de fichiers. Testez par exemple les fichiers : `u_am1s02.wav` et `u_am1s01.wav`.

12.4 - Utilisez maintenant le programme pesq afin d'obtenir les deux valeurs de MOS objectif relatives aux fichiers dégradés :

`u_am1s01b2c8.wav`

`u_am1s01b2c1.wav`

12.5 - Comparez les deux résultats obtenus avec ceux des deux questions 10 et 11.

POLQA

13 - L'ITU a approuvé récemment un nouvel algorithme d'estimation de la qualité audio perçue par les utilisateurs permettant pareillement de calculer un MOS objectif. Il s'agit de l'algorithme « Perceptual Objective Listening Quality Prediction » ou POLQA. Consultez le fichier pdf de la recommandation [ITU P.863](#) et trouvez dans quels cas on devrait utiliser POLQA au lieu de PESQ.

MOS subjectif

Consultez maintenant le document [P.830 de l'ITU](#).

15 - Lors des tests de la question 8 et 9, est-ce que nous avons respecté les conditions de test préconisées par la recommandation P.830 ? En particulier, vérifiez celles relatives à la durée des séquences audio et le nombre de locuteurs.

Procédure d'envoi de votre compte rendu de TME :

Nommez le fichier de votre compte rendu [TME1_NOM1_NOM2.pdf](#), avec [NOM1_NOM2](#) les noms des deux binômes.

Envoyez le fichier pdf à Naceur.Malouch@lip6.fr

Le sujet de l'email doit être : [\[ITQoS\] Compte rendu TME 1 de NOM1 et NOM2](#)

Fin !