

Le guide essentiel

de l'**Audio**
sur **IP**

POUR LES DIFFUSEURS



1. Pourquoi utiliser le protocole IP pour la diffusion de l'audio ?

Pourquoi migrer vers l'audio sur IP	8
1. Souplesse	8
2. Coût	8
3. Évolutivité	9
4. Fiabilité (oui, vraiment !)	9
5. Disponibilité	9
6. Contrôle et surveillance	9
7. Regroupement du réseau	9
8. Économies potentielles réalisées en passant d'une liaison T1 à une liaison sur IP	10
9. Regroupement des connaissances	10
10. Nécessité !	11

2. Applications audio sur IP

Liaisons studio-émetteur	12
Extérieurs / Reportages	13
Contribution audio et distribution	13
Surveillance de confiance	14

3. Nature de l'audio sur IP

1. Paquets et taille des paquets	15
2. Bande passante, compression et compromis	15
3. Algorithmes audio	17
Nouveaux formats et algorithmes audio	19
OPUS	19
AES67	20

4. À propos des réseaux IP

Types de réseaux IP	21
Liaisons IP dédiées	21
Liaisons MPLS	21
Liaisons IP sans fil	22
Liaisons IP par satellite	22
Internet public	22
Type de connexions	
Adresse IP	24
Passerelle	24
Masque	24
1. Gestion de la fluctuation	24
2. Gestion du délai	25
3. Perte de paquets	26

5. Élimination des imperfections

a. Camouflage	27
b. Correction d'erreurs sans voie de retour	27
c. Qualité de service	29
d. Contrats de niveau de service	30
e. Connexion alternative	30
f. Streaming redondant (SureStream)	31
Avantages du streaming redondant	33
Nuage audio – « Fiabilité ultime »	34
Streaming redondant	35
Intelligence distribuée	35
Redirection des paquets	35
Déplacement des multidiffusions / monodiffusions multiples	36

Concepts IP avancés

a. Couche IP et protocoles	38
Modèle de référence OSI	38
Les quatre couches du modèle TCP/IP	38
La couche liaison (couches OSI 1 et 2)	38
La couche Internet	38
La couche transport	39
Encapsulation des protocoles et des services	40
b. Adresses MAC et IP	40
i. Protocole IP	41
ii. Routage des paquets – Généralités	41
iii. À propos de la traduction des adresses réseau	41
Routage et NAT	42
Traversée de NAT via la redirection des ports	46
V. Adresses IP statiques et dynamiques	47
VI. DNS et DNS dynamique (DDNS)	47
VII. SIP et SDP	49
VIII. Protocole STUN	50
IX. Balisage VLAN	51

7. Test et analyse du réseau

Prédéploiement	53
Test ping	53
IP Connection Verifier (outil de test UDP)	55
Traceroute ou analyse des sauts	55
Bande passante requise	56
Dépannage	57
Dépannage et émulation	59

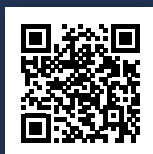
8. Planning de prédéploiement

1. Choix du réseau	61
2. Choix du plan de données / service	62
3. Choix du matériel	62
Philosophie de conception	63
Redondance	63
Configurabilité et qualité de service	63
Algorithmes audio	64
Gestion et surveillance	64
Intelligence Distribuée	65

9. Solutions de codecs IP APT

10. Technologie SureStream

a. Économies d'argent :	69
b. Haute qualité audio :	69
c. Délais cohérents	69
d. Relax !	69
En avez-vous déjà entendu parler ?	70
1. Dimensionnement de la bande passante	70
2. Basculement de la liaison	70
3. Temps de latence variable	70
Comment fonctionne la technologie SureStream ?	71
Où peut-on l'utiliser ?	71
Résumé.....	73
Auteurs	
Kevin Campbell.....	74
Hartmut Foerster	75
Tony Peterle	76



Un peu d'histoire

Il y a maintenant plus de 12 ans qu'APT a conçu et fourni le premier codec audio capable de transporter de l'audio de haute qualité en temps réel sur un réseau IP (Internet Protocol). Dès 2003, la technologie RNIS était largement disponible, et les liaisons à 950 MHz et d'autres liaisons hertziennes analogiques ainsi que les liaisons E1/T1 étaient les standards acceptés. Peu de diffuseurs, voire aucun, faisaient confiance à l'IP ou comprenaient l'IP comme technologie de transport audio pour la diffusion.

APT a commencé son aventure avec l'IP dans un créneau avec un client très spécial, ni plus ni moins que SkyWalker Sound, la division effets sonores de George Lucas Film, basée à Marin County, Californie. Le produit SkyLink était à l'époque totalement unique, et était utilisé comme outil distant par les talents, les producteurs ou les ingénieurs du son pour examiner un mix 5.1 sur une liaison IP gérée.

Un canal de timecode SMPTE intégré était transporté conjointement avec l'audio pour permettre la synchronisation de l'audio avec les rushes et les bobines de film. Le SkyLink était très utilisé et apprécié par SkyWalker, mais malgré cela, son attrait auprès des

éprouvés tels que le codec stéréo Horizon et la plateforme multicanal Oslo. Notre gamme actuelle de plateformes audio sur IP (voir page 68) continue de diriger le secteur avec le même engagement qu'au début pour la qualité audio, la fiabilité et l'innovation.

Dans cette quatrième révision de notre guide IP, notre objectif est de fournir des notions considérablement étendues sur l'audio sur IP.

Ces notions remplissent un certain nombre de fonctions : elles présentent brièvement le concept d'audio sur IP ainsi que les réseaux et les concepts sur IP, et offrent des conseils pratiques sur le test et l'analyse d'un réseau avant et après le déploiement de l'audio sur IP.



Décodeur SkyLink

Avant et après le déploiement de l'audio sur IP



autres était limité, car il exigeait un réseau IP géré et coûteux.

APT s'en est toutefois servi pour commencer à bâtir sa réputation en matière d'audio IP, et l'expertise et la technologie interne résultantes ont été utilisées pour développer des produits de diffusion globalement


Elles fournissent également des informations très spécifiques sur la mise en réseau en vue du transport audio, en se focalisant sur les configurations et les paramètres optimums pour les usages et les scénarios de diffusion classiques.

Nous espérons que vous apprécierez ce guide et nous restons à l'écoute de vos commentaires au sujet des informations que vous aimeriez que nous ajoutions dans la prochaine révision !

1. Pourquoi utiliser le protocole IP pour la diffusion de l'audio ?

Dans le secteur de la radiodiffusion, une chose est sûre, c'est que les ingénieurs développent une affection profonde pour la technologie qui les a si bien servis au fil des années.

Cela est particulièrement vrai dans le créneau de la radiodiffusion constitué de la distribution audio et des liaisons LSE (liaison studio-émetteur).

Nom	<u>POTS / RTPC</u>
Également connu sous l'appellation :	Service téléphonique classique / Réseau téléphonique public commuté
Description du réseau	Désigne l'utilisation de lignes téléphoniques à bande étroite pour la fourniture d'un audio de qualité vocale, limité à une réponse en fréquence de 8 kHz et codé par impulsion au moyen de la norme G.711 basée sur une modulation MICDA. À l'origine, le réseau POTS consistait en un ensemble de lignes analogiques, alors que c'est aujourd'hui un noyau numérique avec un mélange de technologies d'avant-garde. Ces technologies, dénommées « boucle locale » ou « ligne d'abonné », peuvent encore inclure des fils de cuivre, mais aussi des liaisons hertziennes ou de fibre optique.
Usages courants dans la radiodiffusion	Extérieurs, reportages, contribution audio
Avantages	Faibles délais, disponibilité universelle, normalisation par l'UIT-T
Inconvénients	Réponse en fréquence limitée
Nom	<u>RNIS</u>
Également connu sous l'appellation :	Réseau numérique à intégration de services
Description du réseau	Il s'agit de l'une des premières liaisons numériques à « forte capacité » à être devenue disponible pour les particuliers et les professionnels, au début des années 1990. L'accès de base était de loin la méthode d'accès la plus populaire pour connecter les codecs RNIS, qui comprenait 2 canaux B à 64 kbits et un canal D. Le codec RNIS classique du début des années 1990 était capable de terminer une seule ligne RNIS et donc de coder de l'audio jusqu'à 128 kbits.
 <i>DSM100 ProLink, codec RNIS APT original</i>	
Usages courants dans la radiodiffusion	Extérieurs, reportages, contributions audio, liaisons studio-studio (LSS), liaisons studio-émetteur (LSE), sauvegarde
Avantages	Fiabilité, faibles délais
Inconvénients	Disponibilité non universelle, accès mesuré coûteux

Nom	Liaison hertzienne à 950 MHz sous licence
Description du réseau	Aux États-Unis, la Federal Communications Commission ou FCC (« Commission fédérale des communications ») fournit sous licence une bande de 950 MHz spécialement pour les liaisons audio destinées aux radiodiffuseurs. Cette bande de 950 MHz inclut un canal de 500 kHz.
Usages courants dans la radiodiffusion	Liaison LSE, utilisée presque exclusivement aux États-Unis
Avantages	Fiabilité, sous licence
Inconvénients	Faible capacité, fréquences disponibles insuffisantes, ligne de vue requise, liaison sujette à l'affaiblissement dû à la pluie et à d'autres perturbations.
Nom	<u>X.21 / V.35</u>
Également connu sous l'appellation :	Ligne louée
Description du réseau	Les liaisons louées sont fournies par paliers de 64 kbits, les vitesses pouvant atteindre 128 kbits, 256 kbits et 512 kbits. La liaison est fournie avec une unité terminale de réseau (UTR) et est totalement synchrone. X.21 / V.35 est le protocole utilisé pour connecter l'équipement terminal de traitement de données (ETTD) (dans ce contexte, le codec) à l'UTR sur la liaison.
Usages courants dans la radiodiffusion	Liaisons LSE, liaisons LSS, contributions audio
Avantages	Fiabilité, faibles délais
Inconvénients	Capacité limitée, liaison point à point
Nom	<u>E1/T1</u>
Description du réseau	E1 est l'élément de base de 2048 Mbits du réseau synchrone connu sous le nom de hiérarchie numérique synchrone (HNS), utilisée en Europe et dans le reste du monde pour la fourniture de données synchrones. T1 est l'élément de base de 1,548 Mbits du réseau synchrone connu sous le nom de réseau optique synchrone, utilisé aux États-Unis et au Japon. D'un point de vue technique, les deux systèmes sont essentiellement les mêmes, avec un élément de base garantissant la synchronisation globale, et une hiérarchie de multiplexage qui affecte des signaux dans des groupes tributaires et des conteneurs virtuels plus grands. La principale différence est la taille différente des groupes et des conteneurs.
Usages courants dans la radiodiffusion	Liaisons LSE, liaisons LSS, contributions audio, réseaux nationaux
Avantages	Fiabilité, faibles délais
Inconvénients	Coût élevé, évolutivité limitée, disponibilité de plus en plus limitée (aux États-Unis)

Vous aurez peut-être noté que le terme « fiabilité » est utilisé de manière répétée pour décrire les technologies qui viennent d'être passées en revue. Même s'il est impossible d'être à l'abri de problèmes intermittents et de pannes, toutes ces technologies ont dans l'ensemble acquis la réputation d'être de fidèles piliers dans le monde des télécommunications.

Ces technologies, qui ont servi les diffuseurs pendant des décennies, sont en train d'être progressivement remplacées en nombre toujours plus croissant par la technologie IP. Pour migrer d'une solution réelle et éprouvée, la technologie choisie doit présenter des avantages incontestables pour que les radiodiffuseurs se décident à sauter le pas. En voici quelques-uns :

1 Souplesse

La souplesse est sans aucun doute le motif essentiel qui rend une méthode de diffusion sur IP supérieure à n'importe laquelle des technologies précédentes ou existantes. Vous pouvez facilement générer et router des canaux supplémentaires en utilisant des technologies de multidiffusion ou de monodiffusion multiple. Un seul canal codé peut être décodé par des dizaines d'unités (monodiffusion multiple) ou des centaines d'unités (multidiffusion), et si le réseau et le matériel nécessaires sont disponibles, cette opération peut se dérouler en une modification de configuration instantanée.

Les réseaux synchrones et les réseaux hertziens, en raison respectivement de leur rigidité et de leur nature point à point, sont très loin d'atteindre ce niveau de souplesse. La souplesse de la connectivité IP permet également de déployer facilement des liaisons en direct dans des délais très courts, ainsi que des liaisons internationales où les solutions synchrones pourraient ne pas être disponibles.

2 Coût

Avantage crucial, cette souplesse ne représente aucun coût supplémentaire. Les émissions extérieures en direct et internationales n'ont plus besoin des budgets faramineux nécessaires auparavant en raison des coûts de télécommunication. La combinaison de l'audio sur IP et d'une technique de streaming redondant, comme la technologie APT SureStream (voir page 69), vous permet d'obtenir la qualité et la fiabilité des liaisons T1/E1 pour un prix dérisoire.

Pour des opérations continues et fixes telles que les liaisons LSE et LSS, les économies réalisées en utilisant le protocole IP à la place d'autres technologies peuvent également être significatives dans la durée. L'exemple à la page 10 repose sur des données fournies par des clients américains, et met en évidence les économies qui ont pu être réalisées. Bien que les montants puissent varier d'un pays à un autre et d'une région à une autre, les économies réalisées dans la majorité des cas sont suffisamment significatives pour justifier un changement.

3 Évolutivité

La souplesse des réseaux IP dépend également de leur évolutivité, en particulier de la facilité avec laquelle vous pouvez faire évoluer votre réseau ainsi que l'importance de l'évolutivité potentielle.

En utilisant la monodiffusion multiple ou la multidiffusion, vous pouvez facilement et directement ajouter un point de décodage supplémentaire, voir dix points de décodage supplémentaires à votre réseau audio sur IP. Tant que le réseau IP s'étend jusqu'à ce point, la connectivité est possible.

4 Fiabilité (oui, vraiment !)

Au tout début de l'audio sur IP, la fiabilité était l'obstacle le plus couramment rencontré au moment d'envisager la migration vers ce type de réseau. Aujourd'hui, la plupart des gens acceptent qu'il n'y a pas lieu de s'inquiéter sur un réseau IP géré avec une bande passante, une qualité de service et un contrat de niveau de service garantis.

Ces dernières années, les techniques de streaming redondant, comme la technologie APT SureStream, ont réussi à atteindre les mêmes niveaux de fiabilité en utilisant uniquement l'Internet public.

5 Disponibilité

Le protocole IP est disponible pratiquement partout via des points d'accès filaires et sans fil. Vous n'avez plus besoin de réserver une perte de ligne RNIS ou louée sur un site de diffusion distant huit semaines à l'avance. Toutefois, la popularité du protocole IP peut provoquer certains problèmes, comme le nombre croissant d'utilisateurs encombrant les réseaux IP dans des installations sportives, des stades ou d'autres sites. Cela affecte en particulier les connexions établies sur des réseaux sans fil, comme les réseaux 3G et 4G. Afin de compenser ce problème, la planification préalable de la capacité est

nécessaire pour calculer la connectivité requise pour un événement donné ainsi que le nombre d'utilisateurs qui devraient partager la connexion lors de la diffusion.

6 Contrôle et surveillance

S'il est possible d'exécuter une commande ping, alors le contrôle et la surveillance sont possibles. Une conséquence fantastique de l'âge IP est le fait que non seulement les codecs IP, mais aussi les émetteurs, les processeurs audio, les consoles, les routeurs audio, autrement dit presque tout ce qui compose la chaîne de diffusion, possède ou possédera une interface IP. Cela permet au technicien de contrôler les opérations de loin, mais aussi d'accéder directement à une situation et d'effectuer un dépannage ou des corrections à distance.

7 Regroupement du réseau

Tout regrouper en un seul type de réseau présente l'avantage d'abaisser les coûts et d'augmenter les connaissances internes et la prise en charge de ces réseaux critiques d'entreprise. Toutefois, bien que le regroupement de tous les réseaux de votre installation de radiodiffusion en réseau IP puisse être avantageux, la plupart des utilisateurs choisissent d'avoir une séparation physique ou virtuelle de leurs réseaux, en les divisant par exemple en réseau local de bureau, en réseau voix sur IP et en réseau audio sur IP.

À l'échelle des États-Unis		Installation	Coût mensuel	Coût sur 12 mois	Coût sur 24 mois	Économies annuelles moyennes (après 2 ans)
Investissement liaison + nouvel équipement	Ligne T1	1 000 \$	1 600 \$	20 200 \$	39 400 \$	14 800 \$
	MPLS	750 \$	1 000 \$	12 750 \$	24 750 \$	7 500 \$
	2 liaisons IP + 2 WorldCast Horizon NextGen	5 960 \$	156 \$	7 832 \$	9 704 \$	

Économies potentielles réalisées en passant d'une liaison T1 à une liaison sur IP

8 Regroupement des connaissances

Comme évoqué à travers un certain nombre de points, la technologie IP est là pour durer. Au même titre que la FM, elle pourrait ne durer qu'une centaine d'années, mais 45 ans se sont déjà écoulés depuis la première validation de principe basée sur les paquets et depuis l'ARPANET ! ARPANET, de l'anglais **A**dvanced **R**esearch **P**rojects **A**gency **N**etwork, fut le premier réseau à transfert de paquets et le premier réseau à mettre en œuvre la suite de protocoles TCP/IP. Ces deux technologies sont devenues les fondations techniques d'Internet.

On constate aujourd'hui que n'importe quel nouvel équipement de diffusion repose sur une interface IP, et l'on assiste à la disparition de nombreux autres types de réseaux de communication au profit de la technologie IP. Ainsi, que vous soyez ingénieur en chef ou étudiant en radiodiffusion, des connaissances et des compétences dans le domaine des réseaux IP et de la mise en réseau sont devenues des atouts essentiels.

9 Nécessité !

Essayer d'obtenir l'installation d'une ligne RNIS nord-est des États Unis n'est pas aussi facile que cela a pu l'être. Bien que ce type de ligne soit officiellement toujours disponible, il devient de plus en plus difficile d'en obtenir une. Dans d'autres pays du monde, comme en Suède, il n'est plus possible d'obtenir une ligne RNIS en tant que service. Le modèle financier mis en place par diverses compagnies de télécom pour soutenir ces anciennes technologies synchrones s'est épuisé, remplacé par la technologie IP pour les différentes raisons décrites plus haut. Par ailleurs, on constate également une diminution des connaissances au sujet de ces technologies au sein des compagnies de télécom, ce qui a un effet évident sur les niveaux de service, les taux de réponse et la fiabilité.

Nous sommes convaincus que la révolution de l'audio sur IP est une force inéluctable. La technologie n'est pas parfaite et ne peut pas remplacer directement bon nombre des technologies existantes, notamment en ce qui concerne les temps de latence et les délais.

Les nombreux avantages offerts par l'audio sur IP en font néanmoins une alternative incontestablement séduisante pour les diffuseurs qui cherchent à compenser les inconvénients tout en tirant parti des avantages énumérés précédemment !

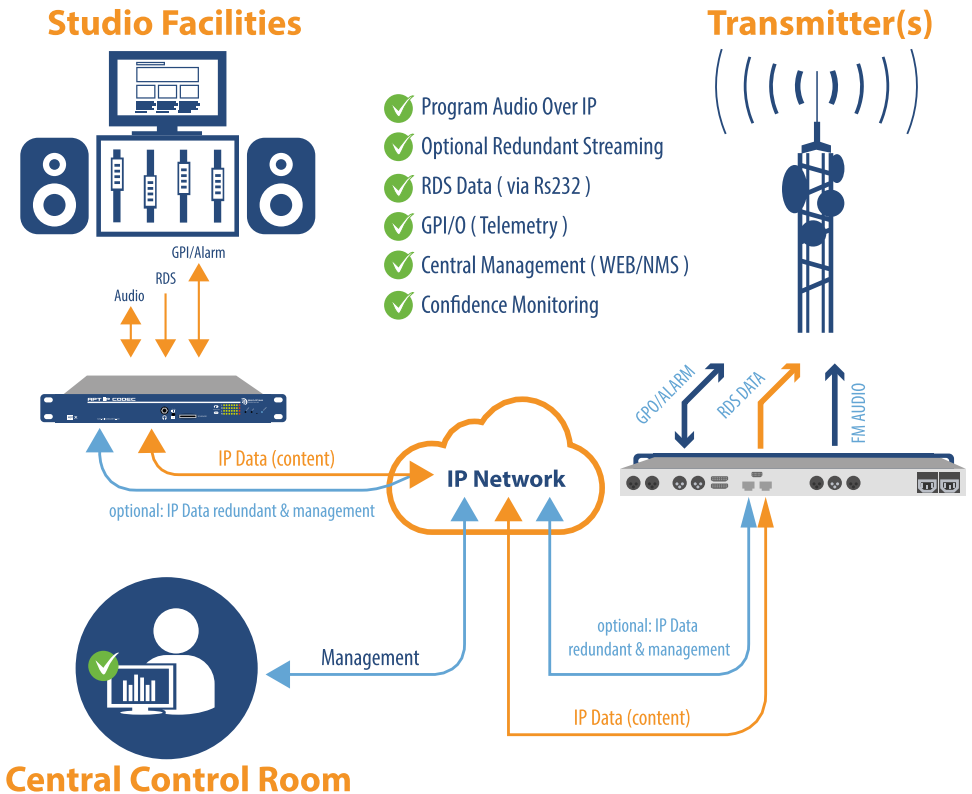


ET ENSUITE ? Maintenant que nous avons expliqué les avantages et les raisons qui devraient amener les diffuseurs à migrer vers la technologie IP, nous allons nous pencher dans la prochaine section sur certaines applications typiques...

2. Applications audio sur IP

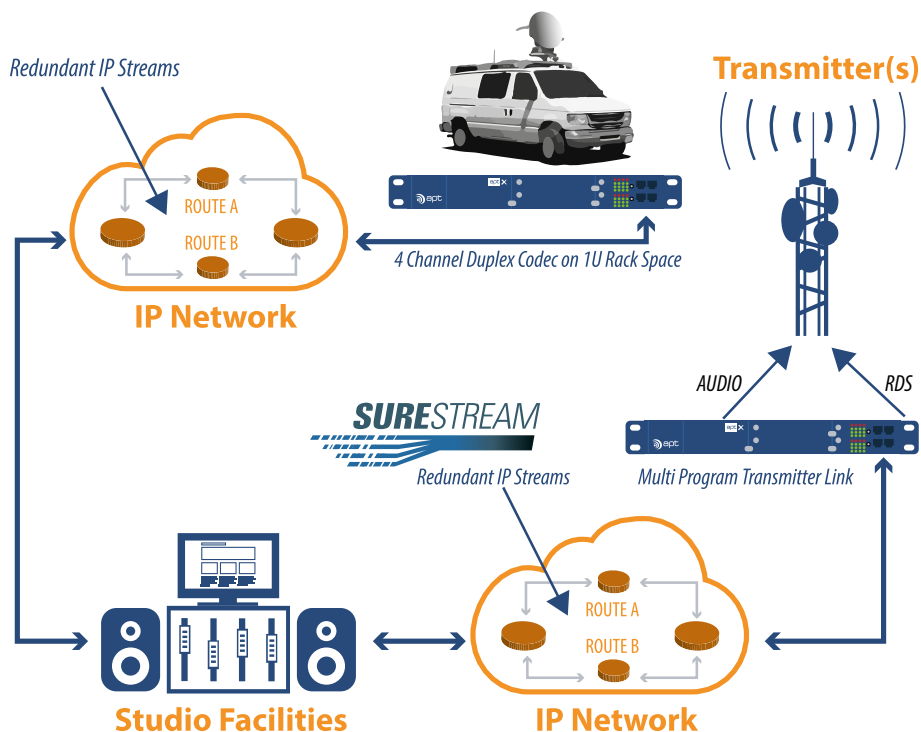
L'une des applications les plus courantes pour l'audio sur IP dans la chaîne de diffusion est la fourniture de contenus audio du studio au site de l'émetteur. La plupart des codecs professionnels permettent également le transport de données auxiliaires et de

données de télémétrie via le système GPIO aux côtés des flux audio. Cette application particulière illustre un streaming redondant avec la technologie SureStream (voir page 69 pour plus d'informations sur le streaming redondant).



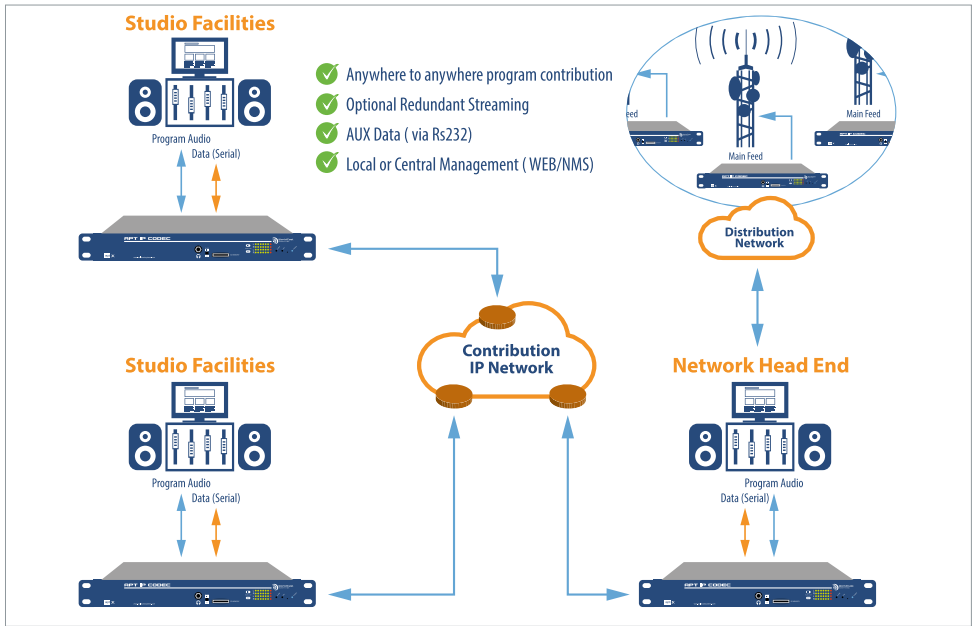
Les réseaux IP sont en train de devenir la technologie privilégiée au détriment de la technologie RNIS en ce qui concerne les émissions extérieures ou les reportages ainsi que les programmes en direct. L'application illustrée ci-dessous décrit une émission

multicanal en direct dans laquelle la liaison entre le site distant et le studio et la liaison LSE fonctionnent sur l'Internet public au moyen de la technologie SureStream afin de protéger l'intégrité du contenu.

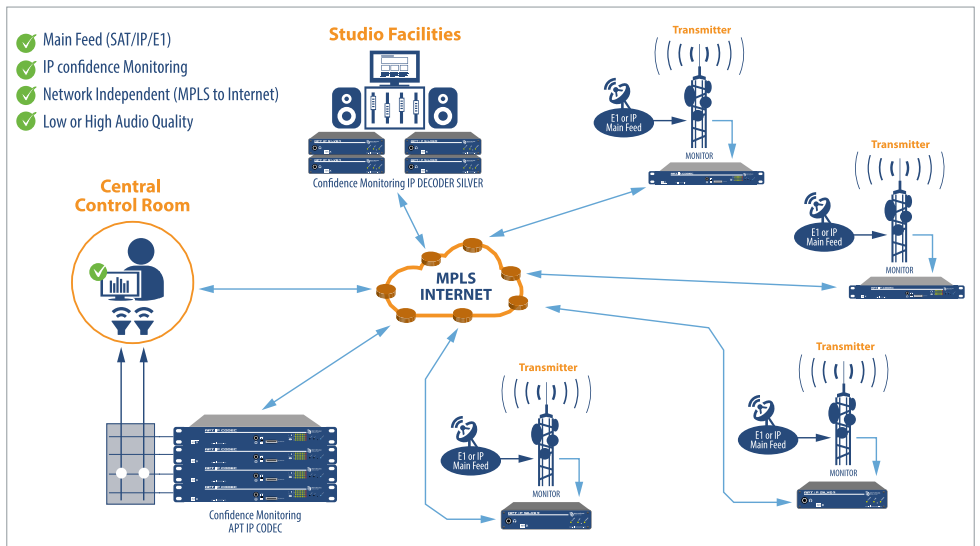


Le transport audio sur IP permet d'obtenir un réseau extrêmement souple dans lequel plusieurs canaux audio de haute qualité peuvent être envoyés entre différents sites. Quand la contribution audio a lieu à partir de divers studios régionaux, il est particulièrement important de veiller à la qualité du contenu audio, afin qu'aucune dégradation ne se produise avant le début de son périple dans la chaîne de diffusion.

L'audio sur IP peut aussi être utilisé pour distribuer du contenu audio vers plusieurs sites d'émetteur, stations de tête de réseaux ou stations de liaison montante vers le satellite. La multidiffusion ou la monodiffusion multiple sont souvent utilisées pour la distribution (voir page 23).



La surveillance de confiance requiert une plateforme fiable et rentable. Dans l'exemple illustré, des codecs IP APT et des codeurs/décodeurs APT séparés sont utilisés pour répondre au mieux aux besoins de chaque site.



ET ENSUITE ? Maintenant que nous avons vu certaines applications classiques, nous allons nous pencher dans la prochaine section sur les points à prendre en considération lors du déploiement réel de ces applications audio sur IP...

3. Nature de l'audio sur IP

1 Paquets et taille des paquets

Le concept de paquets est l'une des raisons pour lesquelles les systèmes et les réseaux IP sont capables de fonctionner comme ils le font. Sur un réseau IP, l'ensemble du trafic est transporté sous forme de petits paquets de données. Ces paquets peuvent varier en taille, mais individuellement ils ne sont généralement pas assez grands pour transporter un document, une chanson, un clip vidéo ou enregistrement audio en entier. La structure du protocole IP impose que ces grandes parcelles de données soient divisées et réparties entre un certain nombre de paquets.

Chaque paquet contient une petite partie des données utiles, ainsi qu'une autre section dénommée « en-tête ». Cet en-tête contient des informations sur la correction des erreurs, la taille du paquet, le type de données contenues, et surtout, l'adresse du réseau de destination des données (adresse IP de destination). L'adresse d'origine (IP source) est également contenue dans les informations d'en-tête. L'en-tête du paquet est examiné par les routeurs et les commutateurs, qui se chargent du rouage sur le réseau et qui déterminent comment, quand et où router chaque paquet.

2 Bande passante, compression et compromis

Les choix réalisés en ce qui concerne les paramètres audio, c'est-à-dire l'algorithme audio, le mode audio (stéréo ou mono) et le taux d'échantillonnage, définiront la bande passante requise pour transporter l'audio codé sur le réseau IP.

Pour les connexions synchrones, cette bande passante est en fait égale à la bande passante requise pour transporter l'audio compressé ou linéaire. Mais dans le domaine IP, il faut ajouter un surdébit requis pour mettre en paquets les données audio. La figure page 16 illustre le surdébit obligatoire (en-

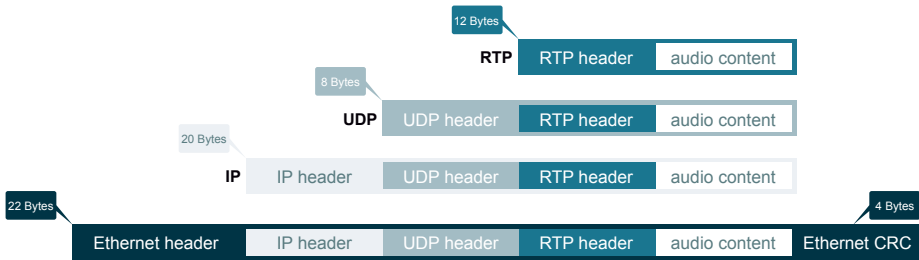
tête et CRC) d'une trame Ethernet pour une transmission RTP/UDP indépendamment des données utiles transportées dans un paquet IP.

Elle montre également qu'un paquet Ethernet consiste en un certain nombre d'encapsulations. Ces encapsulations sont typiques d'un flux multimédia RTP/UDP.

Alors que l'utilisateur peut généralement contrôler la taille globale des paquets, ces paramètres affectent uniquement la quantité de données utiles dans chaque paquet, la taille de l'en-tête restant la même. Ainsi, si les paquets sont plus petits, il en faudra davantage pour transférer les données utiles d'un point A à un point B.

Mais pour les services reposant sur le streaming, comme l'audio et la vidéo en temps réel, ces variations du délai de livraison sont inacceptables. Les données entrantes doivent être lues plus ou moins dès leur arrivée, et il est probable que certains paquets de données seront perdus pendant le transfert.

Or, si un paquet est perdu, les données qu'il contient sont évidemment perdues. En termes d'audio, cela s'apparenterait à une interruption de courte durée. En termes de streaming vidéo, une telle perte pourrait causer une pixellisation, voire un gel de la trame. Bien que le choix d'augmenter la taille des paquets permette de réduire



En-tête et sous-en-têtes d'une trame Ethernet transportant des données RTP/UDP

la bande passante exigée et la fluctuation du réseau, cette augmentation se traduit aussi par la perte d'une plus grande quantité de données utiles en cas de perte du paquet correspondant.

D'autre part, si la réduction de la taille des paquets permet de réduire le délai de mise en paquets, elle augmente aussi coûts du fait que la bande passante exigée est supérieure. Étant donné que les informations de l'en-tête correspondent à un nombre fixe d'octets par paquet, la bande passante nécessaire pour transférer un flux de données en temps réel augmente si la taille des paquets diminue. La taille optimale des paquets est donc un équilibre à trouver entre rendement de la bande passante, temps de latence du réseau et qualité audio.

Pour les transmissions en temps réel, nous conseillons d'utiliser un intervalle de 4 ms. Cette valeur, dénommée temps p , signifie qu'un paquet contenant 4 ms d'audio est envoyé toutes les 4 ms. Selon le format audio choisi, ces 4 ms d'audio correspondent à une certaine taille de données utiles.

Le tableau ci-après (voir page 17) montre la relation entre une taille de paquet en octets et un temps p donné (délai de mise en paquets) d'un algorithme MICDA non tramé (Enhanced-apt-X).

Les données utiles RTP minimales dépendent de la quantité minimale d'informations fournies par un algorithme audio.

Pour l'algorithme MIC linéaire et tous les algorithmes MICDA (Eapt-X, G.711, G.722, MICDA, etc.), la quantité minimale est définie par un échantillon MIC défini par la fréquence d'échantillonnage.

Exemple : un échantillon MIC avec $FS=48$ kHz dure 20,8 μ s et 83,3 μ s pour Eapt-X ; avec ce type d'algorithme, il est possible d'obtenir une très petite taille de paquet ou un très petit temps p (généralement ~ 1 ms).

Algorithmes tramés

Tous les algorithmes tramés exigent des informations supplémentaires sur le système de compression, et doivent par conséquent recevoir un certain nombre d'échantillons avant décodage. Ce nombre d'échantillons et les informations connexes sont encapsulés dans des « trames » d'algorithme. En guise de recommandation, la taille de trame de l'algorithme définit la plus petite quantité d'informations qui doit être encapsulée dans un paquet IP, et cette quantité est significativement supérieure à la quantité d'un algorithme non tramé.

Débit audio	Taille de paquet des données utiles (RTP) en octets	Taille de trame Eth. en octets (+66 octets)	IP paquets/s	Délai de mise en paquets en ms	Débit Eth.
64 kbits/s	128	194	62,5	16	97,0 kbits/s
64 kbits/s	256	322	31,25	32	80,5 kbits/s
64 kbits/s	512	578	15,625	64	72,3 kbits/s
64 kbits/s	1280	1346	6,25	160	67,3 kbits/s
128 kbits/s	128	194	125	8	194,0 kbits/s
128 kbits/s	256	322	62,5	16	161,0 kbits/s
128 kbits/s	512	578	31,25	32	144,5 kbits/s
128 kbits/s	1280	1346	12,5	80	134,6 kbits/s
256 kbits/s	128	194	250	4	388,0 kbits/s
256 kbits/s	256	322	125	8	322,0 kbits/s
256 kbits/s	512	578	62,5	16	289,0 kbits/s
256 kbits/s	1280	1346	25	40	269,2 kbits/s
384 kbits/s	128	194	375	2,7	582,0 kbits/s
384 kbits/s	256	322	187,5	5,3	483,0 kbits/s
384 kbits/s	512	578	93,75	10,7	433,5 kbits/s
384 kbits/s	1280	1346	37,5	26,7	403,8 kbits/s
576 kbits/s	128	194	562,5	1,8	873,0 kbits/s
576 kbits/s	256	322	281,25	3,6	724,5 kbits/s
576 kbits/s	512	578	140,625	7,1	650,3 kbits/s
576 kbits/s	1280	1346	56,25	17,8	605,7 kbits/s

Relation entre données utiles, taille des paquets, temps p (délai de mise en paquets) et débit Ethernet.

3 Algorithmes audio

Lors du choix du meilleur format pour l'envoi de contenu audio sur une liaison IP, les restrictions applicables à la bande passante disponible, au temps de latence minimum et à la qualité audio requise auront une

influence sur le choix du format audio ou de l'algorithme de compression audio adéquats. Il existe de nombreux types principaux de formats et d'algorithmes :

Audio numérique non compressé

- MIC linéaire 16/20/24 bits
- AES transparent (MIC linéaire dans une trame AES)

Systèmes numériques de compression-extension

- ITU J.41/J.42
- ITU J.57
- G.711

Algorithmes de type MICDA (modulation par impulsions et codage différentiel adaptatif)

- G.722
- Apt-X, Enhanced apt-X
- 4SB ADPCM

Algorithmes de perception

- Tous les algorithmes dérivés des algorithmes MPEG
- OPUS

Les algorithmes de perception utilisent des principes basés sur la psychoacoustique pour analyser le contenu audio et déterminer ce qui est perceptible par l'oreille humaine. Ces algorithmes, qui suppriment l'ensemble du contenu non perceptible, sont donc, par définition, « avec perte ». Toutefois, les taux de compression qui peuvent être obtenus avec les algorithmes de perception sont impressionnants et bien supérieurs à ceux d'autres méthodes. L'inconvénient de cette méthode est qu'elle utilise de nombreux passages de cycles de codage/décodage qui introduisent des artéfacts dans le contenu et conduisent à un délai de traitement relativement long.

Les algorithmes MICDA fournissent une meilleure qualité de signal et un temps de latence très faible compte tenu de leur approche plus douce et non destructive vis-à-vis du codage. Des codecs MICDA sont donc souvent utilisés dans les applications de contribution, qui exigent une bonne qualité de signal et des délais faibles. Le taux de compression qui peut être obtenu avec la technologie MICDA est comparativement faible. Les algorithmes apt-X et 4SB ADPCM obtiennent un taux de 4:1.

En l'état actuel, les systèmes numériques de compression-extension offrent une technologie de codage vieillissante, mais on les trouve encore dans les applications de contribution de diffusion et dans les applications de distribution. Leur principe repose sur la compression-extension, qui consiste à numériser un échantillon de signal haut sur une résolution de bits inférieure à celle des échantillons de signal bas. L'idée est de minimiser le bruit de quantification sur le contenu de niveau bas et de maintenir un débit binaire défini sur la chaîne de transmission. Les principaux systèmes numériques de compression-extension sont ITU J.57, un format à 20 kHz principalement utilisé dans les applications de contribution, et J.41, limité à une bande passante de 15 kHz et uniquement destiné aux sources d'émission FM. La qualité obtenue avec ces deux formats est très élevée, et les délais très faibles. Les systèmes de compression-extension furent à un moment donné le meilleur standard de qualité, mais à l'heure actuelle, ces systèmes sont pratiquement tous remplacés par des formats d'algorithme MICDA ou MIC linéaire. Aujourd'hui, la transmission audio non compressée devient de plus en plus courante. En raison de la bande passante toujours plus disponible sur les liaisons site-à-site, les algorithmes MIC linéaire ou AES transparent/EBU sont désormais une alternative viable. Avec l'algorithme MIC linéaire, une qualité audio maximale est garantie et les temps de latence ne concernent plus que les concepteurs de l'architecture réseau.

Au cours des vingt dernières années, le développement d'algorithmes de codage s'est focalisé sur l'optimisation de paramètres tels que le débit binaire, la qualité, le codage et le décodage, le temps

de latence et la compatibilité, et la situation actuelle est telle qu'une solution optimale peut être trouvée dans quasiment toutes les applications de diffusion. Le tableau ci-dessous récapitule les formats et les algorithmes les plus courants utilisés dans les applications de diffusion. Les débits binaires sont donnés à titre d'exemple, des valeurs supérieures peuvent être obtenues selon l'algorithme, et la liste n'est pas exhaustive.

Nouveaux formats et algorithmes audio OPUS

est un algorithme de codage/décodage relativement récent qui utilise deux méthodes de codage/décodage bien établies. La combinaison d'une version modifiée de SILK (reposant sur un codec vocal de Skype) et d'une version étendue de CELT a abouti au codec audio OPUS, caractérisé par sa grande souplesse.

Format d'algorithme (stéréo)	Bande passante	Débit de données (en kbits/s)	Temps de latence moyen	Application
MIC linéaire 16 bits	22 kHz	1 536	Très faible	Contribution
MIC linéaire 20 bits	22 kHz	1 920	Très faible	Contribution
MIC linéaire 24 bits	22 kHz	2 304	Très faible	Liaison de qualité maximale
Eapt-X 16 bits	22 kHz	64 à 384	Très faible	Distribution
Eapt-X 24 bits	22 kHz	192 à 578	Très faible	Contribution
G.711	3 400 Hz	64	Très faible	Voix
G.722	7 000 Hz	64	Très faible	Voix HD
ITU J.41	15 kHz	384	~5 ms	Distribution
ITU J.57	20 kHz	1 920	~5 ms	Contribution
MPEG1 LII	Jusqu'à 20 kHz	64 à 384	~50 ms	Distribution
MPEG1 LIII (MP3)	Jusqu'à 20 kHz	64 à 384	~100 ms	Distribution
MPEG2 LII	Jusqu'à 20 kHz	64/128	~90 ms	Distribution
MPEG2/4 LD2	Jusqu'à 20 kHz	128 à 256	~30 ms	Distribution
MPEG2/4 LC3	Jusqu'à 20 kHz	32 à 384	~50 ms	Distribution
MPEG2/4 ELD4	Jusqu'à 20 kHz	128 à 256	~20 ms	Distribution

Relation entre données utiles, taille des paquets, temps p (délai de mise en paquets) et débit Ethernet.

CELT est un format de compression audio avec perte libre de droits, initialement développé et tenu à jour par la fondation Xiph.org. CELT a été intégré dans le codec OPUS et abandonné sous sa forme autonome. Les algorithmes SILK et CELT travaillent dans un mode hybride où le changement de mode s'effectue de façon fluide : CELT est plus efficace sur l'audio pleine bande ($F_s = 48$ kHz), tandis que SILK (modifié) est très efficace pour la voix en bande étroite et en bande large jusqu'à environ 32 kbits/s.

Les principaux attributs de l'algorithme OPUS sont son évolutivité élevée et son faible temps de latence. En raison de son évolutivité, OPUS convient pratiquement à toutes les applications, de la voix sur IP à la visioconférence de haute qualité, en passant par le streaming audio à faible débit et les applications de diffusion à faible délai. OPUS peut aussi être le format de choix pour les performances musicales de haute qualité.

Principales caractéristiques :

- Taux d'échantillonnage : 8 à 48 kHz
 - Débit binaire : 6 à 510 kbits/s
 - Taille de trame : 2,5 à 20 ms
 - Prise en charge mono et stéréo
 - Prix en charge de la voix et de la musique
 - Passage fluide d'un mode à un autre
 - Faible délai, de l'ordre de 20 ms
- Le codec OPUS est déjà intégré dans les navigateurs Web modernes tels que Mozilla Firefox, Opera et Google Chrome (d'autres suivront bientôt).

AES67

Tous les algorithmes audio décrits jusqu'à présent conviennent à la mise en réseau audio dans un environnement de réseau étendu ou WAN (Wide Area Network). Dans ces systèmes, le débit binaire d'un flux audio peut être modifié selon la bande passante disponible sur le WAN.

AES67 est un standard de développement récent qui permet d'obtenir une interopérabilité pour la mise en réseau audio dans un environnement de réseau local ou LAN (Local Area Network) exclusivement. Par conséquent, en termes d'applications, il permet un streaming en temps réel dans les sites de diffusion et de production entre un équipement fournissant une interface AES67.

Le standard précise le format de transport audio multicanal (streaming) sur des réseaux IP, essentiellement du contenu audio multicanal sur un unique connecteur RJ45. Il ne permet aucune compression audio ou aucune autre adaptation de débit binaire, à l'exception de la définition d'un nombre définitif de canaux audio, mais il comporte des mécanismes de synchronisation basés sur le protocole PTP (Precision Time Protocol, PTPv2 IEEE 1588). Avec l'augmentation de la popularité de cette technologie, les fabricants de codecs audio fournissent des interfaces AES67 conjointement avec les connecteurs analogiques et AES-3 actuels.

ET ENSUITE ? Nous espérons que cette section vous aura éclairé sur les nombreux aspects essentiels relatifs à l'audio sur IP. La section suivante se penche sur la panoplie des différents choix de réseau disponibles pour le déploiement de votre réseau audio sur IP. Nous examinerons également certains aspects et problèmes généraux que vous risquez de rencontrer...

4. À propos des réseaux IP

Les réseaux IP ont été conçus pour transporter des données non sensibles au facteur temps d'un point A à un point B dans un délai acceptable. En cas de perte ou de retard des données, il suffit de renvoyer les fichiers ou d'actualiser les pages Web. Toutefois, cela n'est pas possible dans un environnement de diffusion où le transport audio fiable et en temps réel est un impératif.

Afin d'obtenir des diffusions audio sur IP satisfaisantes, les ingénieurs doivent se familiariser eux-mêmes avec la nature et les caractéristiques inhérentes des réseaux à transfert de paquets.

Les fournisseurs de services offrent aux diffuseurs un large éventail d'options pour la transmission audio sur IP. Ces options vont des liaisons dédiées avec une qualité de service garantie aux liaisons ADSL sur l'Internet ouvert ou avec un fort taux de contention. Nous examinerons chaque option l'une après l'autre et évaluerons son utilité pour le diffuseur.

Mais avant cela, il faut savoir qu'aucun réseau n'est parfait. Même les systèmes fermés et surveillés comme les liaisons dédiées, les liaisons hertziennes et les liaisons MPLS peuvent à l'origine d'une perte de paquets et d'une fluctuation ayant une incidence négative sur la qualité audio.

Liaisons IP dédiées

Les liaisons studio-émetteur professionnelles et les réseaux interstudios exigent une fiabilité et une robustesse qui ne sont généralement pas disponibles sur les réseaux publics non gérés. La nature critique de ces liaisons nécessite un niveau de service garanti permettant d'obtenir un flux de paquets ininterrompu de l'expéditeur au récepteur avec un délai minimum et sans perte de qualité audio.

Pour ces applications, certains fournisseurs de services offrent des sortes de connexions IP dédiées qui se caractérisent par un accès « toujours actif », ainsi qu'un choix d'options de sécurité afin de garantir la connectivité critique. Ce type de service doit être appuyé par une absence de partage de bande passante, afin d'éviter toute interruption du contenu à l'antenne. En cas d'impossibilité, le diffuseur doit exiger le taux de contention le plus faible possible.

Un service d'accès IP dédié est généralement soutenu par un contrat de niveau de service (SLA) et un mécanisme de priorité du trafic, comme la qualité de service (QoS). Sans un tel contrat, le diffuseur n'a aucun contrôle sur les conditions du réseau IP et donc aucun contrôle sur la qualité du contenu audio provenant de ce réseau.

Liaisons MPLS

Offrant l'un des meilleurs niveaux de service qui soient avec la technologie IP, les réseaux avec commutation multiprotocole par étiquette ou MPLS (Multi-protocol Label Switching) tendent à remplacer de plus en plus les lignes louées en guise de mécanisme de transport de choix pour les liaisons LSE et LSS. Cette technologie offre bon nombre des avantages des lignes louées, en ce qu'il s'agit d'un service orienté connexion qui est donc capable de prendre en charge la réservation de bande passante et les garanties de service. En outre, elle est complémentaire du transfert IP et offre donc les avantages de la mise en réseau audio sur IP en termes de coût, de souplesse et de rendement.

La technologie MPLS affecte à chaque paquet du réseau de courtes étiquettes (20 bits) qui décrivent le chemin que le paquet en question doit emprunter. Comparé au réseau IP classique où des routeurs individuels prennent des décisions de routage indépendantes, le trafic MPLS est analysé à l'entrée du nuage MPLS et se voit affecter une « étiquette » qui indique son chemin dans le réseau.

La technologie MPLS offre un service plus rapide et plus efficace qu'une connexion IP standard, car les routeurs n'ont pas la nécessité de rechercher l'adresse du nœud suivant. Des informations supplémentaires sur la classe de service (priorité) du trafic peuvent également être incluses dans l'étiquette MPLS pour garantir la priorisation du contenu critique et sensible au facteur temps. Globalement, les réseaux MPLS offrent une solution attrayante pour les réseaux de diffusion. Ces réseaux sont généralement disponibles à moindre coût que les lignes louées synchrones traditionnelles tout en offrant de meilleures performances que les liaisons IP classiques. Ils permettent une mise en réseau souple et évolutive, prennent en charge la qualité de service, et intègrent de nombreux mécanismes de transport (IP, ATM et relais de trames).

Liaisons IP sans fil

Grâce aux améliorations apportées à l'évolutivité et aux capacités des réseaux IP sans fil et hertziens, ces liaisons sont une option de choix pour les diffuseurs. Selon la classe du service hertzien déployé, les données IP peuvent être liées dans les deux directions à des vitesses respectables (100 Mbits/s ou plus). Il existe en général deux classes de technologie IP hertzienne. La classe « sans licence » fonctionne, entre autres, dans la bande de 5,8 GHz et la bande de 2,4 GHz. Abordable et utile pour certaines applications, elle n'offre en revanche aucune protection contre les perturbations. La technologie IP hertzienne sous licence fonctionne à 6, 11, 18 et 23 GHz, en offrant des vitesses encore plus rapides et une protection contre les perturbations. Bien qu'une liaison IP soit essentiellement un système « fermé », une perte de paquets et une fluctuation sont toujours possibles.

Liaisons IP par satellite

Les liaisons IP par satellite sont parfois la seule option possible pour les diffuseurs dont les installations sont si éloignées qu'elles rendent impossibles l'utilisation de liaisons ADSL ou IP hertziennes. Les principaux défis liés à l'utilisation de la technologie IP par satellite concernent le temps de latence, c'est-à-dire le temps que met un paquet de données pour voyager d'une extrémité à l'autre de la liaison, et le coût.

Sur une liaison IP par satellite, le temps de latence est généralement d'au moins 2 secondes en moyenne. Le satellite est généralement la bande passante la plus chère, ce qui peut se révéler un facteur décisif lors de la planification d'une liaison vouée à transporter de l'audio de haute qualité 24 h sur 24 et 7 jours sur 7.

Internet public

Comme indiqué précédemment, il est difficile d'utiliser des réseaux non gérés comme l'Internet public pour des applications de diffusion professionnelles, que la connexion s'effectue par câble, ADSL ou fibre optique. Toutefois, il existe maintenant des technologies capables d'éliminer pratiquement les effets négatifs liés à l'utilisation de l'Internet public pour fournir de l'audio en temps réel avec une qualité suffisante pour la diffusion. Internet peut également être utilisé pour les émissions extérieures, car il est possible d'obtenir un transfert audio en temps réel de haute qualité au moyen de liaisons IP avec contention.

L'utilisation de l'Internet public signifie que le diffuseur est plus exposé aux risques associés aux liaisons IP. Il faut donc bien veiller à éliminer tous les risques liés au codec utilisé et à la technologie employée. Le codec doit au minimum reposer sur une plateforme DSP afin d'obtenir une fiabilité à toute épreuve et de permettre une configuration à distance et un contrôle sur IP. Il faut également garantir les aspects suivants :

- Codec avec reconnexion automatique : le codec utilisé doit être capable de se reconnecter rapidement en cas d'interruption de la liaison. Les codecs de certains fabricants exigent un redémarrage manuel aux deux extrémités de la liaison pour rétablir la connexion.
- Codage MICDA à faible délai : les technologies de codage de perception, comme MPEG Layer 2, AAC, etc., reposent sur les trames et requièrent par conséquent la mise en tampon d'au moins une trame d'algorithme avant l'application de la compression. Si la liaison est interrompue en raison de pannes du réseau, cette mise en tampon donnera lieu à un délai supplémentaire dans le flux audio. Les algorithmes MICDA codent et décodent « à la volée », permettant ainsi un audio instantané dès la reconnexion. Ils acceptent également des tailles de paquet flexibles, ce qui permet de minimiser les effets des pertes de paquets sur le flux audio.
- Reséquenceur des paquets IP : dans les réseaux avec contention comme l'Internet public, il y a une forte probabilité d'avoir des paquets remis dans le désordre. Les codecs développés pour un usage professionnel doivent offrir une technologie de reséquencement garantissant que tous les paquets reçus sont lus dans l'ordre, de manière à minimiser les problèmes audio. Un reséquenceur de paquets IP travaille dans le tampon de réception afin de réordonner les paquets selon leur numéro de séquence RTP.

Streaming redondant : la technologie APT SureStream (voir page 69) fournit plusieurs flux audio de la source à la destination, de sorte que les éventuelles pertes de paquets ou pertes de connexion affectant un flux puissent être corrigées à l'aide des données provenant des flux redondants. Cette solution exige une plus grande bande passante IP à chaque extrémité, mais accroît la fiabilité de l'ensemble des réseaux en cas

d'utilisation de l'Internet public. À l'heure actuelle, les bandes passantes bon marché comme l'ADSL ou le câble peuvent remplacer de façon fiable et permanente les liaisons synchrones (p. ex., E1, T1 et RNIS) sans perte de qualité audio ni de fiabilité.

Grâce à la nature extrêmement souple de la technologie IP, les réseaux peuvent être utilisés de différentes façons. L'un des avantages les plus significatifs est la capacité d'envoyer simultanément des données d'un hôte vers plusieurs autres hôtes.

Une connexion unique d'un hôte vers un autre est dénommée une monodiffusion, il s'agit du type de connexion de diffusion permanente le plus simple qui soit.

Des liaisons de données individuelles peuvent aussi être établies et des données en temps réel diffusées d'un hôte vers de multiples destinations, on parle alors de monodiffusion multiple. Chaque liaison est une liaison point à point distincte qui exige sa propre bande passante de l'hôte commun. Les connexions de ce type sont généralement unidirectionnelles, les données se déplaçant uniquement de l'hôte aux différentes destinations.

Il existe également une configuration spéciale et très particulière dénommée multidiffusion. Dans une multidiffusion, un flux unique de contenu est généré par un hôte et envoyé à une adresse IP appartenant à une classe unique. Les données sont ensuite dupliquées dans le matériel réseau et remises à tous les autres hôtes qui ont demandé à recevoir le flux de cette adresse de multidiffusion.

L'avantage est qu'il faut moins de bande passante exigée auprès de l'hôte source pour fournir le contenu à plusieurs destinations. En revanche, cela nécessite du matériel réseau et des configurations spécifiques, qui peuvent rarement être utilisés en dehors d'un réseau privé. En général, Internet ne prend pas en charge la multidiffusion.

Chaque hôte sur un réseau nécessite trois sortes d'informations, qui définissent la portée de la structure réseau local, et la façon dont les hôtes peuvent se connecter à des réseaux étendus et à Internet sur ce réseau local. Ces trois éléments sont définis ci-après :

Adresse IP

Une adresse IP est une série de 4 « octets » séparés par un point. Un octet consiste en 8 bits d'informations, si bien que chaque octet peut prendre n'importe quelle valeur de 0 à 255 (dans le système décimal), ce qui donne le format familier xxx.xxx.xxx.xxx. Chaque hôte d'un réseau donné doit avoir une adresse IP unique. Certains groupes d'adresses IP ont été désignés comme étant non routables, car ces adresses ne peuvent pas être atteintes à partir de segments de réseau externes. Les groupes non routables habituels sont 192.168.xxx.xxx et 10.0.xxx.xxx. Pour que ces périphériques puissent accéder à des réseaux extérieurs, ils doivent communiquer en passant par la passerelle de leur réseau.

Passerelle

La passerelle est le pont entre un réseau et les réseaux étendus situés au-delà. Lorsque vous ouvrez une session sur un ordinateur pour vous connecter à Internet, l'ordinateur contacte la passerelle, qui transmet la demande au réseau extérieur puis route les informations en retour vers l'hôte local. Ce mécanisme fait généralement intervenir la redirection des ports et la traduction d'adresses de réseau ou NAT (Network Address Translation), définies plus en détail à la page 41. La passerelle matérielle est généralement un routeur, qui peut aussi comprendre un pare-feu afin d'empêcher le trafic non autorisé provenant du réseau extérieur d'atteindre les adresses IP sur le réseau local.

Masque

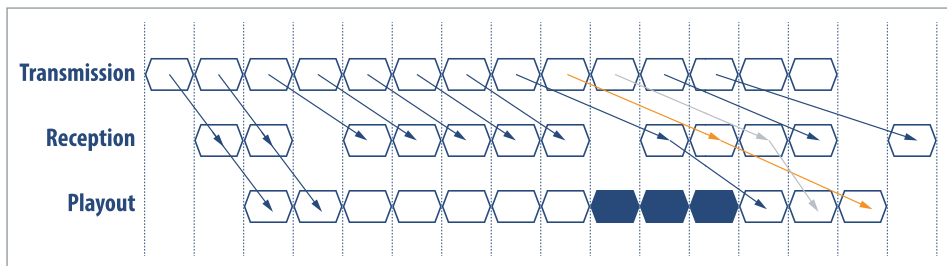
Le masque est comme une clôture entourant le réseau local, et détermine les adresses IP qu'un hôte local peut atteindre directement, et les adresses IP qui doivent être contactées à travers la passerelle.

Par exemple, avec l'adresse IP locale courante 92.168.1.23 et le masque classique 255.255.255.0, n'importe quelle adresse IP dont les trois premiers octets coïncident avec l'adresse de l'hôte (192.168.1.x) est considérée comme une adresse IP locale. Pour contacter une adresse à l'extérieur de cette clôture, par exemple 192.168.2.xxx, une demande devra donc être envoyée à la passerelle.

1 Gestion de la fluctuation

Une caractéristique des réseaux à transfert de paquets est que les paquets peuvent tous emprunter n'importe quelle route pour aller de la source à la destination, si bien qu'il est inévitable que certains de ces paquets arrivent dans le désordre. Tous les codecs de diffusion ont un tampon et d'autres technologies qui permettent de stocker les paquets et de les relire dans l'ordre approprié, mais la plupart de ces solutions ont des limites.

Une fluctuation se produit quand des paquets arrivent avant ou après le moment prévu et que le codec de réception n'est pas capable de fournir une lecture en temps réel.



Effets de la fluctuation du réseau

Plus la structure du réseau est grande et complexe, plus le flux de données sera susceptible de faire l'objet d'une fluctuation, l'Internet public étant en outre un environnement difficile en termes d'intensité de la fluctuation. Le schéma ci-dessus montre l'effet de la fluctuation du réseau sur la réception d'un contenu audio, et sur sa lecture ultérieure au moyen d'un système audio. La taille du tampon est généralement réglée en millisecondes, mais dans cet exemple, un tampon égal à deux paquets est utilisé. Comme la fluctuation du réseau est faible, elle n'a aucune incidence sur le système, qui lit les paquets reçus dans l'ordre.

Toutefois, si la fluctuation augmente au-delà du tampon prédéterminé, les paquets qui arrivent après l'heure de lecture déterminée sont perdus, donnant lieu à un signal audio corrompu. Une compensation est de nouveau nécessaire pour gérer le temps entre la fin du tampon de fluctuation et le délai de lecture supplémentaire introduit. Régler un tampon plus grand pour minimiser les effets de la fluctuation peut augmenter de façon notable le délai global du réseau.

2 Gestion du délai

Tous les réseaux ont un temps de latence de transport dû aux lois naturelles de la physique. Le transport d'un signal électronique dans un milieu quelconque nécessite une quantité finie de temps qu'il est impossible d'éliminer.

Dans un réseau IP, outre le délai de transmission standard, il faut prendre en compte le délai nécessaire à la mise en paquets des données audio, si bien

que dans le meilleur des cas, le temps de latence est généralement compris entre 10 et 30 millisecondes. Comme indiqué précédemment, la taille des paquets et la taille du tampon de fluctuation ont aussi un effet sur la durée du délai.

La valeur de temps de latence indiquée représente le temps de latence inhérent au réseau, qui tient compte du passage des données dans les commutateurs, les routeurs, etc., mais ne prend pas en compte le délai de compression audio ni les effets de la fréquence d'échantillonnage. Tout délai de codage résultant de l'utilisation d'une compression s'ajoute directement au temps de latence existant du système.

Et bien évidemment, sur des connexions à un réseau étendu ou à l'Internet public, le délai peut s'accroître de quelques centaines de millisecondes. En outre, le temps de latence peut varier fortement avec la circulation des paquets de données dans les divers réseaux et sur les diverses liaisons. Lors de l'utilisation d'une connexion IP standard, la seule façon de compenser ce temps de latence élevé et variable consiste à mettre en place un tampon de réception de taille suffisante.

Le choix d'un algorithme audio de compression est également important pour déterminer le temps de latence du système d'un bout à l'autre. Les techniques de codage de compression audio linéaire ou à faible délai, comme Enhanced apt-X, sont normalement sélectionnées pour les applications audio sur IP en temps réel. Avec l'expansion des diffusions audio numériques, le temps de latence des liaisons est devenu un facteur moins crucial.

3 Perte de paquets

Selon la qualité de la liaison IP et la bande passante disponible, les systèmes basés sur les paquets peuvent être sujets à une perte de paquets. Comme décrit au chapitre précédent, la perte audio résultante dépend directement de la taille des paquets perdus, du nombre de paquets perdus et du taux de compression utilisé.

Avec les algorithmes basés sur les trames, comme le MPEG, la perte d'un paquet dans une trame entraîne le rejet de la trame complète. Par conséquent, l'utilisation de paquets de petite taille conjuguée à ces technologies de codage ne représente aucun avantage et n'atténue pas les effets d'une perte de paquets.

L'algorithme Enhanced apt-X ne nécessite pas la mise en tampon des trames et offre une grande souplesse au moment de choisir la taille des paquets. Cela réduit la susceptibilité d'un flux audio aux conséquences d'une perte de paquets. Il est facile d'obtenir des paquets de taille inférieure à 1 ms avec l'algorithme Enhanced apt-X.

Algorithme	Mode	Débit binaire	Taille des paquets (octets)	Nb d'échantillons audio	Perte audio
MPEG Layer 2	16 bits stéréo	256 kbits/s	768	2304	24 ms
Enhanced apt-X	16 bits stéréo	256 kbits/s	512	64	16 ms
Enhanced apt-X	16 bits stéréo	256 kbits/s	64	8	2 ms

Tableau illustrant la façon dont le choix d'un algorithme de compression affecte la perte de paquets

ET ENSUITE ? Vous devriez maintenant avoir une idée des défis à relever lors de la mise en œuvre d'une solution audio sur IP. La prochaine section se penche sur les techniques utilisées pour faire face à certains de ces défis ou imperfections inhérents à de nombreux réseaux IP...

5. Élimination des imperfections

La migration vers une architecture de type audio sur IP présentant tels avantages, il n'est pas surprenant que les services de R&D, les concepteurs de codecs et les ingénieurs du monde entier aient consacré de nombreuses années à la recherche de solutions pour surmonter les inconvénients et les imperfections de l'audio sur IP afin de mieux tirer parti de son coût et de sa souplesse. Nous décrivons ci-dessous certaines des méthodes qui ont été explorées et adoptées avec divers degrés de réussite.

a Camouflage

Diverses méthodes peuvent être utilisées pour camoufler les paquets perdus dans la reproduction finale de l'audio. Ces méthodes vont de la simple répétition du dernier paquet acceptable reçu, à l'injection d'un silence ou d'un bruit, en passant par l'interpolation et la retransmission. Toutes ont un impact sur l'audio reproduit.

Dans les tests d'écoute, l'injection d'un silence produit des interruptions inacceptables dans le contenu audio, donnant lieu à un certain niveau d'incohérence. L'utilisation d'un bruit blanc améliore la compréhensibilité de l'audio reproduit, mais reste tout de même perceptible. La répétition de la dernière trame acceptable connue produit des résultats plus favorables.

Il est possible d'utiliser une interpolation, un appariement de formes ou un remplacement de forme d'onde pour camoufler les paquets perdus, mais les avantages opposés à la complexité sont régis par une loi des rendements décroissants. Les résultats de ces techniques sont tous sujets à des améliorations subjectives de la qualité audio et dépendent également de l'importance de la perte audio qui est camouflée ou réparée. Aucune de ces options de camouflage ne produit une solution pouvant être facilement mise en pratique, et il est généralement admis que la meilleure méthode consiste à minimiser la perte de paquets plutôt que d'essayer de la dissimuler.

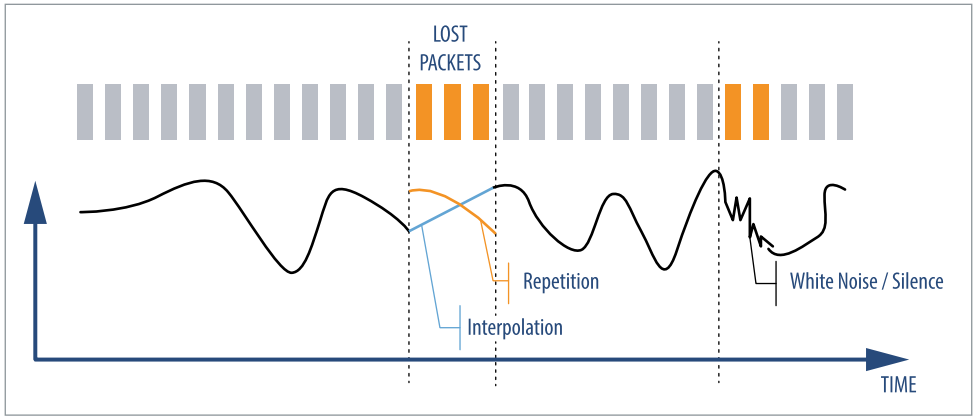
b Correction d'erreurs sans voie de retour

La correction d'erreurs sans voie de retour ou FEC (Forward Error Correction) est un moyen qui permet de reconstruire les paquets perdus en vue de la lecture. La forme la plus simple de la correction FEC ajoute des données redondantes sur la base du OU exclusif des données dans chaque paquet avec au moins un ou deux autres paquets (voir figure page suivante). Le paquet FEC résultant est ajouté à la transmission et utilisé conjointement avec les données reçues pour corriger les éventuelles erreurs présentes et reconstruire le flux audio.

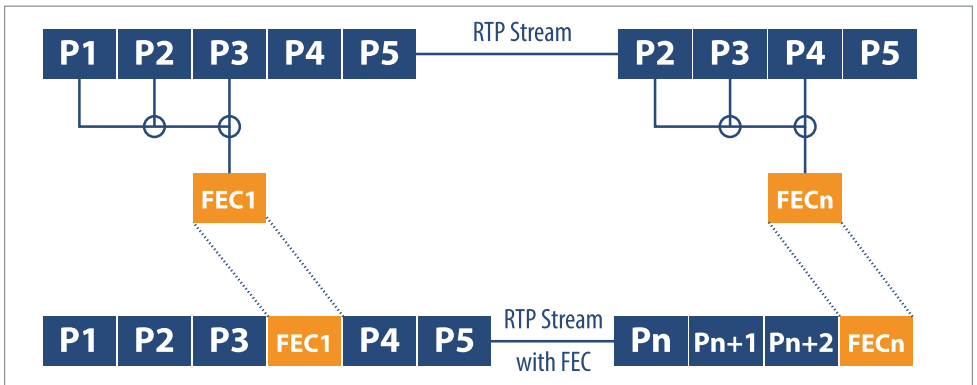
Bien que cette forme élémentaire de correction FEC fonctionne bien pour une perte de paquets aléatoire en petite quantité, elle ne peut pas gérer une perte de paquets en rafale (c'est-à-dire plusieurs paquets adjacents perdus à la fois). Pour pouvoir gérer les erreurs en rafale, une méthode FEC plus complexe est nécessaire, comme celle donnée à la page 29. Cette méthode FEC calcule dans deux dimensions, ce qui fournit davantage de données au moteur de récupération.

Comme le montrent les figures suivantes, toute forme de correction FEC ajoute un surdébit notable au flux audio, et, dans certains cas, la bande passante de transmission est effectivement doublée. Dans les réseaux où la limitation de la bande passante ou l'encombrement est un problème, l'utilisation d'une correction FEC n'est pas une alternative viable. Outre les problèmes de bande passante, générer une correction FEC au niveau du codeur consomme énormément de ressources processeur, et augmente encore davantage le temps de latence.

La complexité de la correction FEC, la taille des paquets et le taux de compression utilisés sont des facteurs qui ont tous une influence sur le délai résultant. Par exemple, une correction FEC bidimensionnelle exige la mise en tampon de quatre paquets.



Camouflage de la perte de paquets



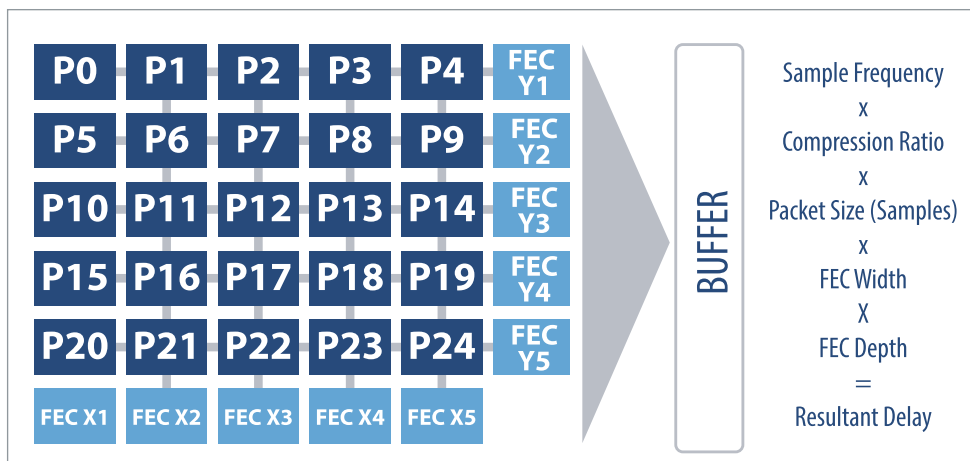
Méthode FEC de base

Compte tenu des calculs précédents concernant la quantité d'audio dans un paquet MPEG L2, cela revient à 96 ms. Une correction FEC bidimensionnelle ne protégera que contre une petite erreur en rafale, tandis qu'une correction FEC pentadimensionnelle plus classique (voir figure ci-après) exigera la mise en tampon de 25 paquets qui, en utilisant les mêmes calculs, équivalent à un délai de 600 ms.

Du côté du décodeur, la récupération est également gourmande en ressources processeur. Le processus consistant à

collecter le bloc de paquets requis, à déterminer l'emplacement des paquets perdus, et à les résoudre un par un, peut se révéler long et complexe.

Comme avec le camouflage, l'utilisation d'une correction FEC peut créer autant, sinon davantage, de problèmes qu'elle n'en résout. Elle peut éventuellement résoudre les insuffisances d'un mécanisme de transport de type IP, mais aux prix d'un délai, d'une complexité, d'une bande passante et d'un surdébit de traitement supplémentaires.



C Qualité de service

Afin d'améliorer le service de transport de base offert par les réseaux IP, connu sous l'appellation « service au mieux », de nombreux fournisseurs de services offrent des mécanismes pour garantir la remise d'un contenu sensible au facteur temps. Un flux audio sur une liaison LSE exige un minimum d'interruptions du flux de paquets, alors qu'il se peut que les données n'aient besoin d'atteindre leur destination que dans un délai raisonnable.

La qualité de service (QoS) a été conçue pour offrir un mécanisme permettant d'affecter différents niveaux de service ou de priorité sur la base de l'importance et de la sensibilité au facteur temps du trafic.

Il existe deux méthodes principales pour améliorer la qualité d'une liaison : RSVP et DiffServ.

- **RSVP** (de l'anglais Resource reSerVation Protocol) est un protocole de réservation de ressources plus complexe, qui fait intervenir la réservation et l'abandon des ressources requises sur le réseau.
- **DiffServ** (de l'anglais Differentiated Services) est une différenciation de services qui offre un cadre de

classification du trafic afin d'évaluer la priorité du trafic réseau « par saut ». En utilisant la technique Diffserv, chaque paquet est classé et se voit attribuer une valeur de code d'accès aux services différenciés, ou DSCP (Differentiated Services Code Point), évaluée par le réseau et priorisée en conséquence.

Cette méthode peut se révéler très efficace sur les réseaux internes, où l'utilisateur peut contrôler et sélectionner les routeurs et le matériel réseau qui prennent en charge les codes DiffServ.

Toutefois, l'Internet public, même s'il s'agit d'une liaison de réseau étendu ou d'un réseau privé virtuel configuré sur l'Internet public, ne prend pas en charge la QoS sous une forme considérée suffisamment efficace pour supporter les liaisons audio en temps réel critiques.

d Contrats de niveau de service

Certains fournisseurs de services ou compagnies de télécom peuvent offrir un contrat de niveau de service, ou SLA (Service Level Agreement), pour une liaison IP afin de garantir la disponibilité en termes de pourcentage. Ce pourcentage peut être rapproché de critères tels que les paquets perdus et l'indisponibilité réelle sur la liaison.

Un SLA comprend généralement les paramètres suivants :

- Les performances que garantira le fournisseur de services pour le trafic du client. Celles-ci incluent généralement le délai sur le réseau, la fluctuation maximale et les niveaux de perte de paquets.
- Une disponibilité garantie du service, qui doit atteindre au moins 99,999 % pour les applications de diffusion.
- La portée du service, c'est-à-dire les routeurs spécifiques entre lesquels le SLA prévaut.
- Pour les liaisons LSE professionnelles et les liaisons audio, l'accent doit être mis sur les moyens permettant de minimiser la perte de paquets. La mise en œuvre de méthodes pour camoufler ou corriger les erreurs est une distraction inutile de l'objectif principal qui est de garantir une transmission audio fiable et de bonne qualité sur une liaison IP.
- Le profil de bande passante du flux fourni au fournisseur de services.
- Les procédures de contrôle des performances et les niveaux attendus d'établissement des rapports.
- Les procédures d'assistance et de dépannage, notamment les délais de réponse et de résolution, et les conséquences en cas de non-conformité.
- La partie administrative/légale définissant les processus de demande et d'annulation de certains services.

Généralement, le SLA spécifie la façon dont le client va contrôler les performances en vertu du SLA, souvent par l'intermédiaire d'un outil en ligne.

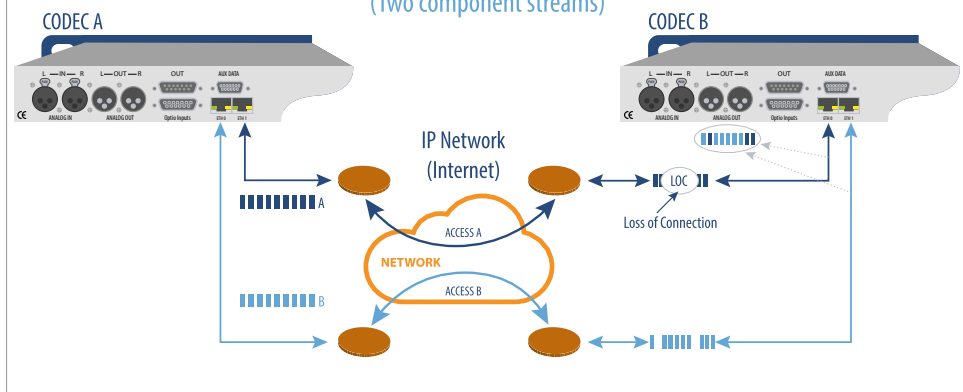
Si les performances n'atteignent pas les valeurs spécifiées, le SLA examine également les formules permettant de déterminer les pénalités appliquées à la compagnie de télécom (le plus souvent sous la forme de crédits pour le client, sans remboursements). Un SLA ne peut être disponible pour le diffuseur que pour des engagements donnés en termes de recettes (montant du contrat) ou des périodes données (durée du contrat). Et bien évidemment, même le SLA le plus strict ne peut protéger contre les pertes de paquets, il ne peut que compenser la perte de services une fois les faits constatés.

e Connexion alternative

Même en prenant toutes les précautions nécessaires lors du choix du réseau IP et du fournisseur de services, la possibilité d'une panne grave du réseau existe toujours. Cela peut amener le diffuseur à se retrouver hors antenne, sauf si une solution de secours est en place. Une liaison IP principale peut être secourue par une liaison IP secondaire fournie par un autre fournisseur de services, une liaison IP hertzienne ou par d'autres moyens.

Les codecs audio professionnels permettent de déclencher la solution de secours en passant de la liaison IP principale à la liaison secondaire en utilisant un certain nombre de critères tels qu'un silence en sortie d'un module audio spécifique ou un seuil défini dans le journal de contrôle des performances.

SureStream - Dual Port Configuration (Two component streams)



f Streaming redondant (SureStream)

Les codecs et la technologie plus avancés peuvent générer et fournir plusieurs flux audio redondants d'une source vers une ou plusieurs destinations. Les données dans chaque flux sont identiques, et en routant ces multiples flux sur des chemins réseau divergents, notamment en utilisant plusieurs fournisseurs de services Internet à chaque extrémité de la liaison, il est possible d'offrir un haut niveau de fiabilité dans la remise des paquets, sans les artefacts perceptibles du « passage » d'une liaison à une autre.

Cette redondance « toujours active » constitue la solution idéale pour des liaisons audio en temps réel, extrêmement fiables et à long terme sur n'importe quel type de réseau à transfert de paquets. Il est possible d'utiliser n'importe quel type de bande passante de liaison – hertzien, DSL, satellite, câble et Internet.

Les seuls sacrifices consentis sont la mise en tampon (nécessaire pour toutes les diffusions sur réseau à transfert de paquets) et la bande passante. Comme chaque flux redondant occupe sa propre bande passante sur le réseau, l'envoi de flux redondants se traduit par la nécessité d'avoir une plus grande vitesse réseau. Toutefois, avec l'algorithme Enhanced apt-X, plusieurs flux redondants peuvent être envoyés sur presque n'importe quelle liaison réseau.

Le streaming redondant « toujours actif » offre les meilleures performances possible pour diffuser de l'audio sur des réseaux qui ne sont pas parfaits. Il utilise les points forts d'un réseau (bande passante importante et diversité des chemins avec auto-rétablissement) pour résoudre les problèmes qui lui sont inhérents.

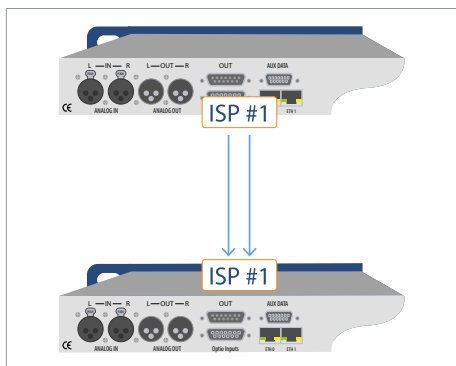
Les pertes de paquets peuvent être presque entièrement éliminées, et avec plusieurs chemins réseau à chaque extrémité, les pertes de connexion peuvent même avoir un impact nul sur l'audio utile. S'il manque un paquet dans l'un des flux « participants », il est automatiquement remplacé par son jumeau provenant d'un autre flux, avant que l'audio ne quitte le tampon.

Résultats : les problèmes, les craquements, les cliquetis, les variations de la qualité audio et les variations de synchronisation de la lecture son inexistantes, ce qui se révèle crucial pour les réseaux de contribution et d'autres réseaux qui doivent respecter une fenêtre de temps précise pour leur contenu audio.

En termes d'architecture réseau, le streaming redondant peut être déployé dans plusieurs configurations.

BIEN : Streaming redondant sur une seule connexion réseau à chaque extrémité.

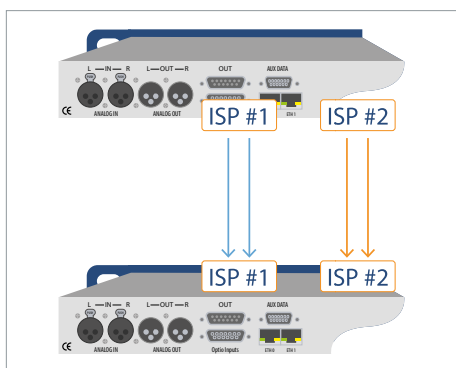
Cette configuration offre une bonne protection contre la perte de paquets, mais une seule connexion reste vulnérable aux pertes de connexion et aux pertes « en rafale », c'est-à-dire quand de nombreux paquets sont perdus en peu de temps. Si la bande passante le permet, vous pouvez envoyer trois flux ou plus sur cette connexion et améliorer quelque peu les performances, mais les pertes en rafale et les pertes de connexion peuvent potentiellement continuer de nuire au contenu audio.



BIEN

MIEUX : Doubles chemins réseaux parallèles.

Cette configuration aide à éliminer tout point isolé de défaillance. Elle réduit grandement les risques de perte de connexion touchant l'audio, et améliore notablement les performances contre les pertes de paquets ainsi que les pertes en rafale. Les chemins habituellement utilisés dans ces types de déploiements incluent les réseaux MPLS, les réseaux étendus, le transport IP hertzien, les connexions DSL, la 4G, le câble, la fibre optique, voire le satellite.

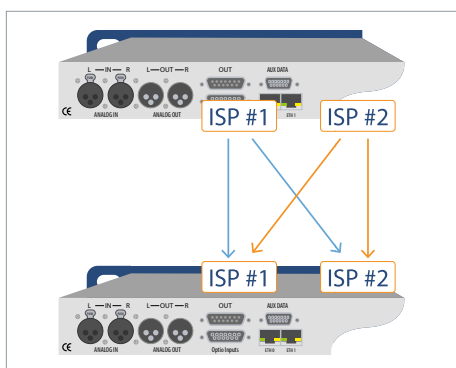


MIEUX

PARFAIT : Doubles chemins réseaux parallèles et croisés

Quand l'architecture réseau le permet, un ou plusieurs flux participants peuvent être envoyés de chacun des réseaux d'origine à chacun des ports réseau à l'extrémité de réception. Cette configuration est la plus sûre contre n'importe quel type d'interruption réseau. Même en cas de perte totale d'une connexion réseau, il y aura toujours des flux redondants utilisant tous les ports fonctionnels.

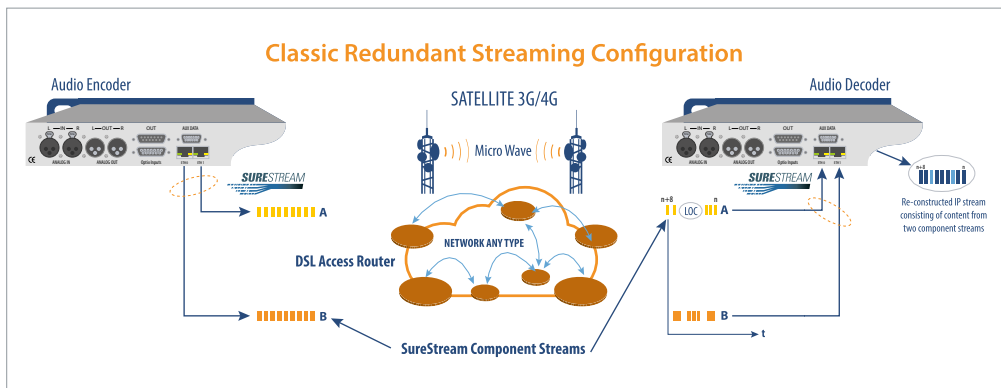
N'importe quelle configuration qui utilise des doubles chemins réseau se caractérisera par une fiabilité extrême.



PARFAIT

Les essais sur le terrain et à long terme de la technologie SureStream (technologie de streaming redondant d'APT) ont mis en évidence des performances supérieures aux liaisons T1 et RNIS, en atteignant une fiabilité

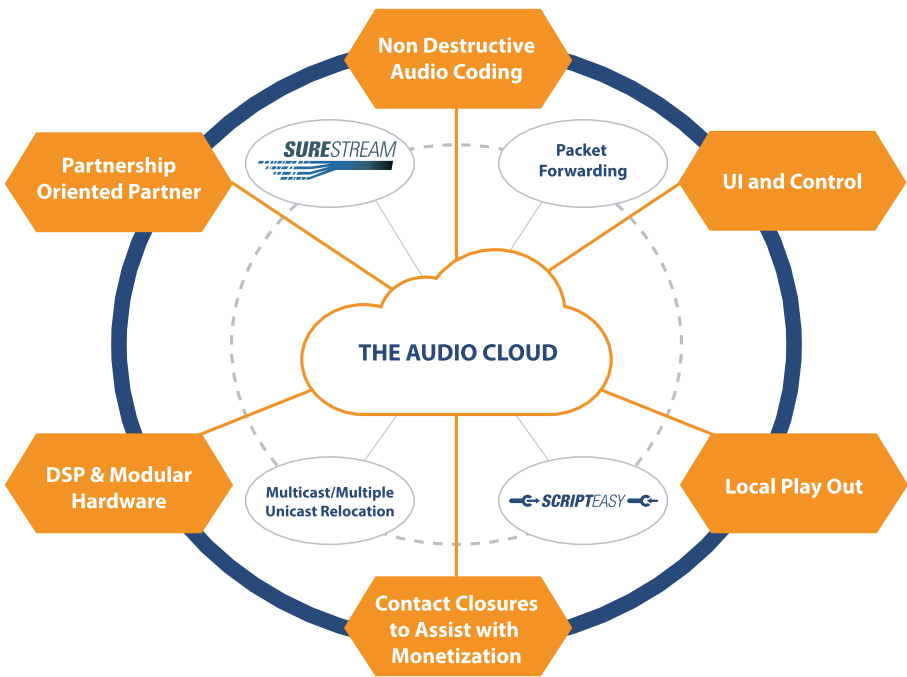
supérieure ou égale à 99,999999 % dans la remise des paquets sur des connexions ouvertes à l'Internet public, en faisant appel à des fournisseurs DLS courants à chaque extrémité.



Avantages du streaming redondant

Le streaming redondant comporte de nombreux avantages évidents qui en font la meilleure solution actuelle pour la fourniture en toute fiabilité de contenus audio et d'autres contenus de diffusion sur l'Internet public.

- La technologie du streaming redondant est indifférente au contenu.
- Le streaming redondant est indifférent au chemin emprunté.
- Le streaming redondant offre une « redondance toujours active », c'est-à-dire sans liaisons principales et de secours, en garantissant l'absence de problèmes ou de « délais de passage » d'une liaison à une autre.
- Le streaming redondant est totalement évolutif en termes de coût et de technologie.
- Le streaming redondant est applicable à presque toutes les applications de diffusion, liaisons LSE, liaisons LSS et extérieurs (en remplacement de la technologie RNIS).
- Avantages clés par rapport à d'autres méthodes :
 - * Aucune interruption de service
 - * Qualité audio homogène
 - * Délai audio homogène



Le « nuage audio » est concept nouveau dans la diffusion, qui permet au diffuseur et, plus généralement, au distributeur de contenu audio de mettre en place une architecture redondante en soi et autogérée en termes de routage et de sauvegarde audio.

Le but du « nuage audio » est fondamentalement de permettre au diffuseur de fournir un contenu audio d'un point A à un point B ou plutôt d'un point A à un point B à un point Z, de la manière la plus rentable possible, avec le meilleur degré de fiabilité qui soit et une intervention de l'utilisateur réduite au minimum. Grâce à sa similarité avec la topologie en anneau et ses capacités d'extraction et d'insertion fournies par les réseaux T1/E1, le concept de nuage audio augmente encore davantage les changes des diffuseurs d'abandonner les infrastructures de transport de diffusion classiques et la distribution par satellite pour

s'orienter vers une solution de bande passante plus rentable et largement disponible. Qu'il soit mis en œuvre totalement ou en partie, il représente une solution pour toutes les applications de diffusion, des liaisons LSE aux émissions extérieures, et la contribution à la distribution.

Le nuage audio comprend quatre composants principaux :

- Streaming redondant
- Intelligence distribuée
- Redirection des paquets
- Déplacement des multidiffusions / monodiffusions multiples

Ces composants peuvent être utilisés en combinaison ou sélectionnés à la carte pour créer le nuage audio adapté à l'application, au budget et à la disponibilité du réseau IP des diffuseurs.

iii Streaming redondant

Comme décrit en détail précédemment, cette technologie est au cœur de n'importe quelle architecture audio dans le nuage. Elle permet de diffuser plusieurs copies du même paquet audio sur des réseaux divergents afin de garantir une protection contre la perte de paquets ou la perte de connexion.

iii Intelligence distribuée

Pour pouvoir gérer un réseau audio multisite, et en particulier les performances des unités situées dans le nuage audio, une certaine forme de contrôle intelligent est requis. Le système intelligent obtiendra des informations à partir d'une combinaison d'entrées sous la forme de fermetures de contacts, d'alarmes et de paramètres mesurés, et utilisera ces informations pour prendre des décisions qui détermineront comment router l'audio, quel profil audio utiliser et quelle mesure il faut prendre en cas de pannes du flux de composants.

Un système intelligent est capable de réaliser des actions automatiques, aussi bien planifiées, comme l'insertion d'un contenu local à partir d'une planification préchargée, et non planifiées, comme le basculement audio sur un système de secours. L'« intelligence » examinera donc en continu les événements et les journaux, puis prendra les décisions associées sur la base des données reçues afin de rendre le nuage fonctionnel et capable d'auto-rétablissement avec une intervention limitée de l'utilisateur. Elle fournit également des fonctions essentielles de rapports et d'alarmes qui peuvent être transmises à l'ingénieur par e-mail, SMS ou notification DTMF.

Contrairement à un système de gestion centralisé, si cette intelligence peut « vivre » sur le propre codec audio, elle est ensuite distribuée sur tout le réseau, afin de garantir qu'il n'existe aucun point de défaillance. Chaque codec a son propre cerveau et est capable de prendre des décisions indépendamment des autres codecs audio du nuage. L'intelligence distribuée agit en guise de contrôleur autogéré, réactif aux anomalies et automatique de tous les codecs audio du nuage.

Dans le cas des codecs IP APT, cette intelligence repose sur ScriptEasy, une technologie développée initialement pour la gamme Audemat d'unités de télémétrie et commande à distance des installations. Outre la prise de décisions concernant presque tout, ScriptEasy est également capable d'envoyer des notifications au personnel pertinent si une action de script prédéfinie ou un autre événement réseau (planifié ou non) se produit.

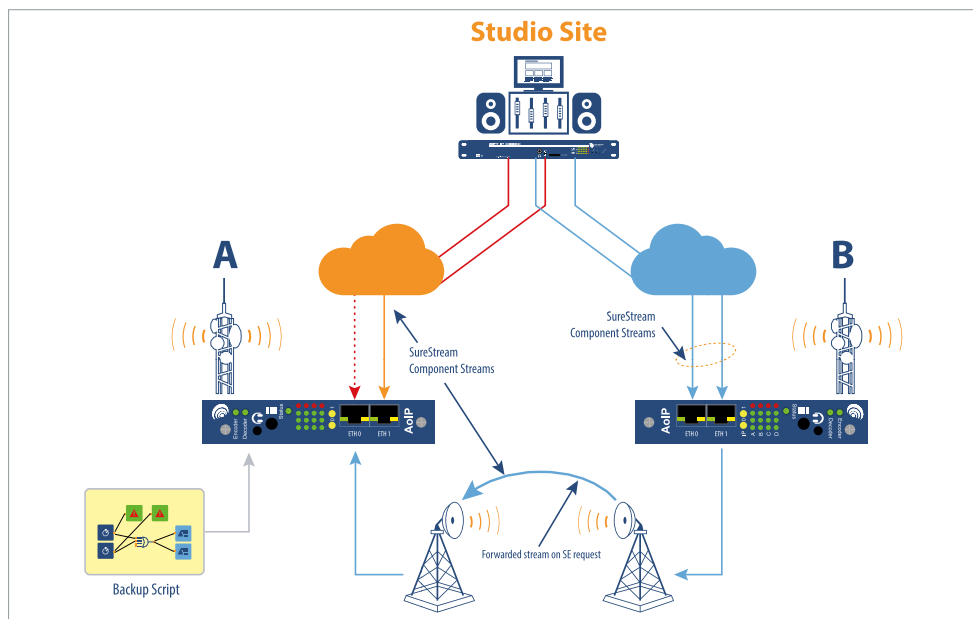
Si un diffuseur décide de partir d'un service géré ou d'un réseau de distribution par satellite fourni par une compagnie de télécom, l'intelligence distribuée remplace efficacement le centre d'opérations du réseau que la compagnie de télécom aurait utilisé pour procéder au contrôle et effectuer des actions correctives sur ses réseaux.

Redirection des paquets

iii Le concept de redirection des paquets est très similaire au concept d'extraction et d'insertion dans les liaisons synchrones E1/T1 (SDH/SONET). La redirection des paquets sur IP consiste essentiellement en la capacité de convertir un site de décodage sur le réseau en un nœud capable d'alimenter d'autres décodeurs avec les paquets audio sur une liaison principale ou une liaison de secours automatique.

Cela permet au diffuseur d'avoir à sa disposition plusieurs codeurs en tant que sources potentielles de codage, ce qui permet d'éviter un point isolé de défaillance. Le point isolé de défaillance peut être une panne d'un codeur matériel ou une panne catalectique sur les deux points réseau au point d'origine du codeur. « Point d'origine du codeur » a été volontairement choisi, car l'on part du principe que le diffuseur utilise la technologie de streaming redondant, rendant impossible une panne totale sur le réseau !

Cette capacité est utile en soi pour créer le nuage audio avec auto-rétablissement. En cas de panne du réseau aboutissant à une perte du flux des participants, le système d'intelligence distribuée reroute les paquets, qui sont alors redirigés vers un autre codec ou un autre nœud si un chemin alternatif existe sur cette route.



Combinaison de la technologie SureStream et de la redirection de paquets, contrôlée par une intelligence distribuée

La redirection des paquets signifie qu'aucun décodage ou recodage audio superflu n'est requis, et qu'un paquet peut simplement traverser un codec ou nœud en route vers le décodeur final désigné.

Déplacement des multidiffusions / monodiffusions multiples

De plus en plus de diffuseurs envisagent les réseaux IP pour remplacer des grands réseaux de distribution audio de diffusion. Bon nombre de ces réseaux se basaient traditionnellement sur une distribution par satellite pour la fourniture de contenus de syndication ou pour la fourniture de liaisons LSE caractérisées par la présence d'un grand nombre d'émetteurs sur une grande surface géographique.

Ces réseaux de distribution par satellite ne sont pas sans problème : l'autorisation nécessaire pour monter l'antenne parabolique requise pour la réception peut se révéler difficile et coûteuse à obtenir,

en particulier dans certaines régions métropolitaines où seule une partie du bâtiment est louée pour abriter les studios des stations de radio.

La réception du signal est également un problème, car sa qualité dépend des conditions climatiques, comme le gel, la neige et la pluie. Il est donc intéressant de migrer vers une solution sur IP.

Pour les diffuseurs déployant un réseau de codecs IP à grande échelle exigeant d'alimenter plusieurs décodeurs à partir d'un seul codeur, le déplacement de la fonction de génération de plusieurs flux du codec audio IP afin de l'éloigner du codeur source et de le rapprocher des décodeurs peut représenter un avantage significatif.

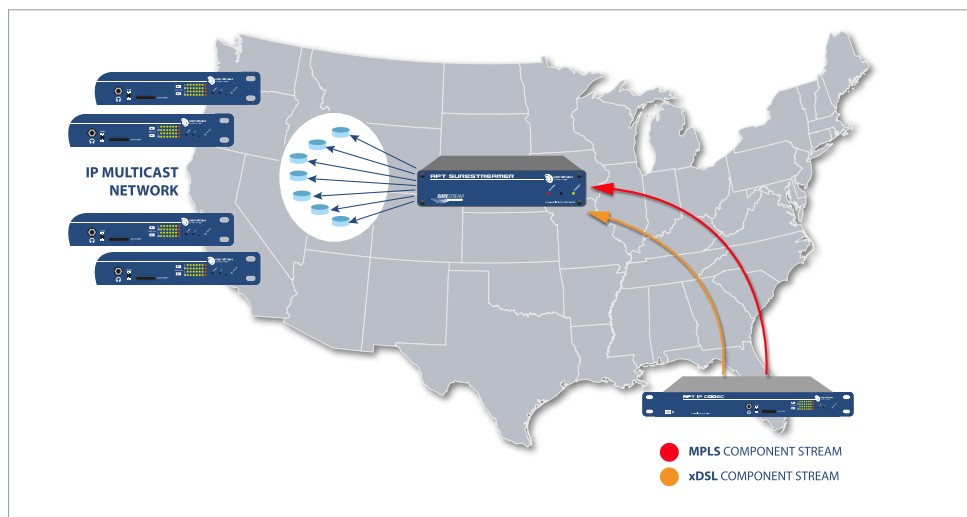
Si la multidiffusion est la technologie préférée pour une utilisation dans un réseau à grande échelle, elle se justifie

sur le plan financier pour créer un nœud local de multidiffusion à proximité de plusieurs décodeurs, car elle permet de réaliser des économies significatives par rapport à un usage de multidiffusion sur le plan national.

Dans le contexte d'une monodiffusion multiple, les avantages de rapprocher les capacités de monodiffusion multiple des décodeurs concernent plus la fiabilité, car plus la génération des flux multiples est proche des décodeurs, plus la distance et le nombre de sauts que ces paquets devront franchir seront faibles. Statistiquement, cela signifie que la perte de paquets est moindre, et que si un streaming redondant est utilisé, cela réduit encore davantage les chances d'avoir une perte de paquets dupliquée sur les flux de composants.

L'utilisation d'un produit tel que l'APT SureStreamer de WorldCast permet de créer un tel nœud (voir page 69). Ce boîtier a initialement été conçu pour permettre aux diffuseurs utilisant d'anciens codecs IP avec un seul port et sans capacités de streaming redondant d'ajouter la fonctionnalité SureStream à leur infrastructure existante.

Toutefois, comme il n'a pas besoin d'être installé conjointement avec le codec IP d'envoi, il fonctionne bien pour la mise en place de nœuds tels que ceux décrits précédemment.



APT SureStreamer agissant comme nœud de multidiffusion de monodiffusion multiple

ET ENSUITE ? Dans cette section, vous devriez avoir acquis une bonne compréhension des méthodologies utilisées pour relever les défis des réseaux IP. Le but de la prochaine section est de vous offrir l'occasion de mieux comprendre les concepts IP génériques. Une bonne compréhension de ces concepts peut grandement vous aider lors des choix à faire au moment du déploiement, lors de la localisation des anomalies et lors de la résolution des problèmes...

6. Concepts IP avancés

L'objectif des chapitres précédents de ce guide était de vous fournir de solides connaissances sur les éléments clés intervenant dans la mise en réseau audio sur IP.

Toutefois, une explication plus détaillée de certains concepts ou processus peut parfois se révéler utile et vous apporter une meilleure compréhension. Cette section du guide décrit ces concepts et processus plus en détail.

a Couche IP et protocoles Modèle de référence OSI

Le modèle de référence OSI est utilisé pour expliquer facilement l'interaction entre les connexions physiques et logiques dans un système de communication quelconque. Il fournit une synthèse des techniques, des protocoles et des services utilisés.

Selon le modèle de référence ISO/OSI, la communication dans l'environnement réseau repose sur sept couches, ce système complet de sept couches étant dénommé une pile. Les couches inférieures de ce modèle représentent les fonctionnalités orientées réseau, tandis que les couches supérieures sont spécifiques de chaque application.

Dans n'importe quel système de communication, l'interaction de l'expéditeur progresse de la couche supérieure (couche 7) à la couche inférieure (couche 1), et dans l'ordre inverse (couche 1 à couche 7) côté récepteur.

Pour simplifier le modèle, il est possible de le réduire à un modèle à quatre couches, conformément à la demande RFC 1122. Celle-ci définit simplement un modèle à quatre couches où les couches sont identifiées par des noms à la place de chiffres. La figure à la page suivante compare les deux modèles, le modèle ISO/OSI et le modèle « TCP/IP ».

La structure du modèle à 4 couches TCP/IP fournit tout ce dont nous avons besoin pour mieux comprendre une application audio sur IP.

Les quatre couches du modèle TCP/IP La couche liaison (couches OSI 1 et 2)

La fonction de base de la couche liaison est de fournir la connexion physique et une disponibilité continue des opérations. C'est là que les paramètres électriques, mécaniques et fonctionnels de la transmission physique sont définis. D'autres fonctions de la couche 2 du modèle ISO/OSI sont affectées à la couche liaison :

Le protocole MAC

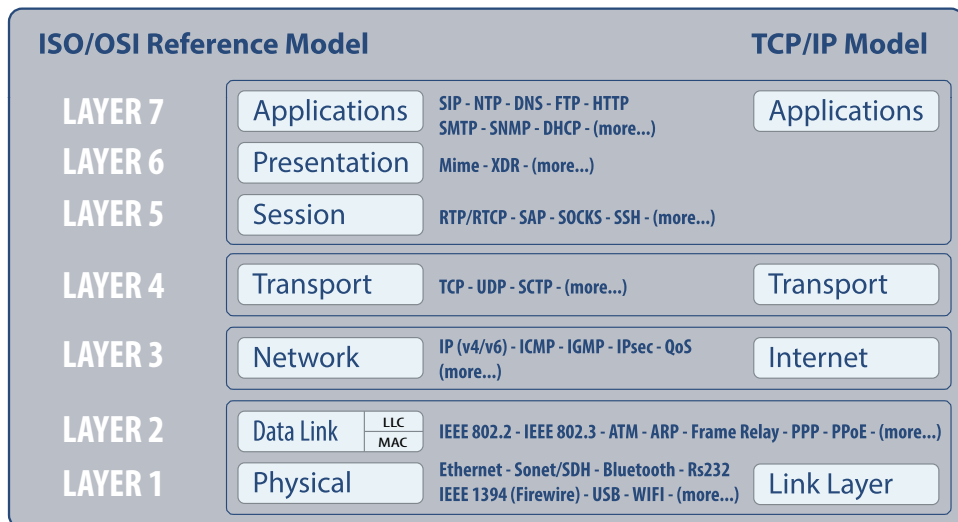
Le protocole de contrôle d'accès au support MAC (Media Access Control) est responsable, entre autres, de gérer l'accès au support physique. Il identifie les périphériques matériels connectés en fonction de leur adresse MAC.

Le protocole LLC

Le protocole de commande de liaison logique LLC (Logical Link Control) est une sous-couche de la couche liaison dans le modèle de référence TCP/IP (couche 2 ISO/OSI). Il fournit des mécanismes de multiplexage qui permettent la coexistence de plusieurs protocoles réseau au sein d'un seul réseau multipoint et leur transport sur le même support réseau, et peut aussi fournir des mécanismes de contrôle des flux.

La couche Internet

Grâce à l'adressage logique, cette couche sélectionne une route pour la transmission des paquets du périphérique source au périphérique cible. Cette procédure de routage sélectionne un chemin adapté sur la base de différents critères, comme la distribution uniforme de la charge, le haut débit des données, le faible coût ou la sécurité maximale possible.



La couche transport

La couche transport fournit un canal de transmission pour les besoins en communication des applications. L'application n'a pas besoin de connaître les caractéristiques particulières du canal de transmission. Le protocole UDP est le protocole de base de la couche transport, qui offre un service simple mais peu fiable de datagrammes. Par conséquent, les protocoles des couches supérieures doivent fournir une protection contre les fausses séquences de paquets ou les pertes de paquets.

La couche application

La couche application contient tous les protocoles qui fonctionnent avec les programmes de l'application et utilisent l'infrastructure réseau pour l'échange de données spécifiques de l'application.

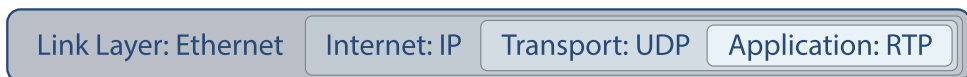
Dans le modèle TCP/IP, la couche application est souvent comparée à l'équivalent d'une combinaison des couches 5 (session), 6 (présentation) et 7 du modèle OSI complet.

Encapsulation des protocoles et des services

Dans le modèle OSI, chaque couche sert la couche au-dessus d'elle et est servie par la couche au-dessous. Par exemple, une couche qui fournit des communications sans erreurs sur un réseau fournit le chemin requis par les applications au-dessus d'elle, et appelle la couche immédiatement inférieure pour envoyer et recevoir des paquets qui

composent le contenu de ce chemin.

En général, une application (niveau supérieur du modèle) utilise un jeu de protocoles pour envoyer ses données aux couches inférieures, qui sont de nouveau encapsulées à chaque niveau.



Encapsulation de protocoles et de services via la structure en couches

b Adresses MAC et IP

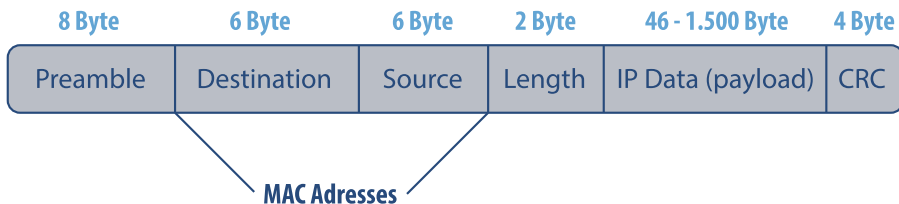
Pour pouvoir échanger des données ou des informations audio entre divers participants sur un réseau, il est nécessaire de disposer d'une méthode permettant l'adressage précis et l'identification unique de chaque participant. Sur un réseau IP, on utilise les adresses MAC (Media Access Control) pour identifier chaque composant. Une adresse MAC est l'adresse physique d'un composant Ethernet. Elle est unique au monde et consiste en six octets. L'IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) gère les adresses MAC et affecte des blocs d'adresses uniques aux fabricants de composants Ethernet.

Dans le modèle TCP/IP décrit précédemment, c'est la couche liaison qui gère les adresses MAC.

Outre l'adresse MAC unique qui, dans des circonstances normales, ne peut pas être modifiée, un participant au réseau nécessite une adresse logique qui l'identifie de manière unique sur ce réseau.

Cette adresse logique, dénommée adresse IP, peut être affectée en guise d'adresse statique ou d'adresse dynamique.

La relation entre adresse MAC physique et adresse IP logique est établie via le protocole de résolution d'adresse ARP (Address Resolution Protocol). Ce protocole est un protocole de la couche liaison.



Encapsulation de protocoles et de services via la structure en couches

La figure précédente illustre une trame Ethernet contenant les adresses MAC de destination et source. Les adresses MAC fournissent les informations de routage pertinentes. Les adresses IP se trouvent sur

la couche 3 – le protocole de résolution d'adresse ARP (Address Resolution Protocol) fait correspondre les adresses IP avec les adresses MAC.

i Protocole IP

Le protocole Internet version 4 (IPv4) est la base des réseaux IP actuels. La prochaine génération de ce protocole (IPv6) est déjà en phase de déploiement, et sera éventuellement amenée à remplacer l'actuel.

La version 6 n'est pas seulement la base des futurs réseaux IP, mais aussi celle des réseaux mobiles cellulaires de troisième et quatrième générations. Elle est étroitement liée au protocole IPv4, dont elle est l'évolution et dont elle prend donc en charge la plupart des fonctions.

En outre, elle offre cependant des avantages significatifs grâce à de nombreuses améliorations. L'espace disponible pour les adresses IP a été étendu de façon significative, et la structure des paquets a été adaptée pour rendre le processus beaucoup plus efficace.

Le protocole IP est affecté à la couche Internet (couche 3 OSI). Le routage est effectué sur cette couche, à l'image du couplage des sous-réseaux et des sections de réseau.

ii Routage des paquets – Généralités

Le réseau IP a la tâche de remettre des paquets provenant de l'hôte source à l'hôte de destination sur la base uniquement des adresses IP contenues dans l'en-tête des paquets. À cette fin, le réseau IP définit les méthodes d'adressage qui sont utilisées pour libeller les paquets avec des informations source et de destination.

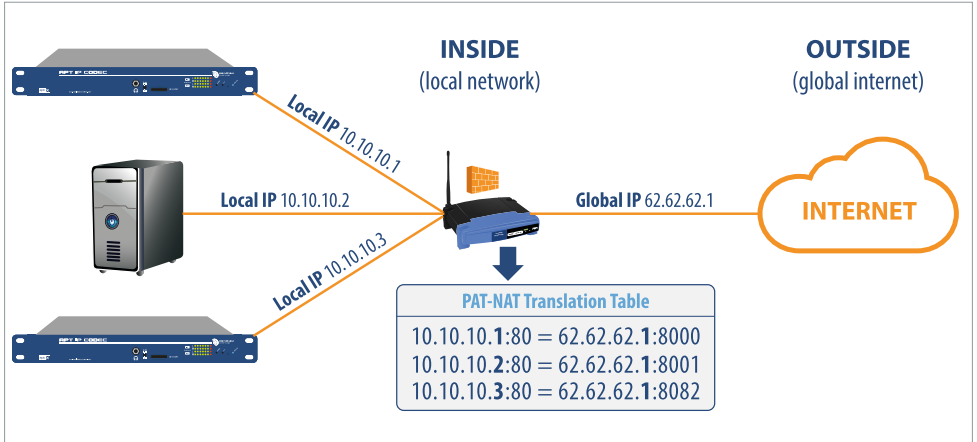
Les sections suivantes décrivent le fonctionnement du routage des paquets sur le réseau IP.

iii À propos de la traduction des adresses réseau

Les passerelles réseau sont généralement des routeurs dotés de fonctionnalités supplémentaires. Une fonctionnalité très commune des passerelles est la fonction de traduction des adresses réseau ou NAT (Network Address Translation). La fonction NAT désigne l'ensemble des procédures qui remplacent automatiquement les informations d'adresse IP dans les paquets de données par d'autres adresses, afin de connecter différents réseaux. Cette fonction est donc généralement utilisée sur les routeurs et les passerelles.

En raison de la disponibilité limitée des adresses IP publiques, la fonction NAT est principalement utilisée pour connecter les réseaux privés avec de multiples adresses IP à une seule adresse IP publique sur Internet ou les réseaux étendus. Ce type de fonction NAT est couramment dénommé « surcharge NAT ». L'expression « surcharge NAT » fut à l'origine créée par Cisco et provient du fait que cette méthode fait correspondre de nombreuses adresses IP privées à une adresse globale.

Autrement dit, elle « surcharge » l'adresse IP réelle en utilisant une traduction des adresses de port ou PAT (Port Address Translation). D'autres types de configurations NAT sont utilisés, comme la fonction NAT avec pool d'adresses ou la fonction NAT statique. La figure ci-après illustre une application de « surcharge » NAT classique : les lignes DSL sont généralement terminées par un routeur NAT connectant le réseau local à un réseau public. Le routeur NAT agit en guise de passerelle auquel un codec audio doit être connecté.

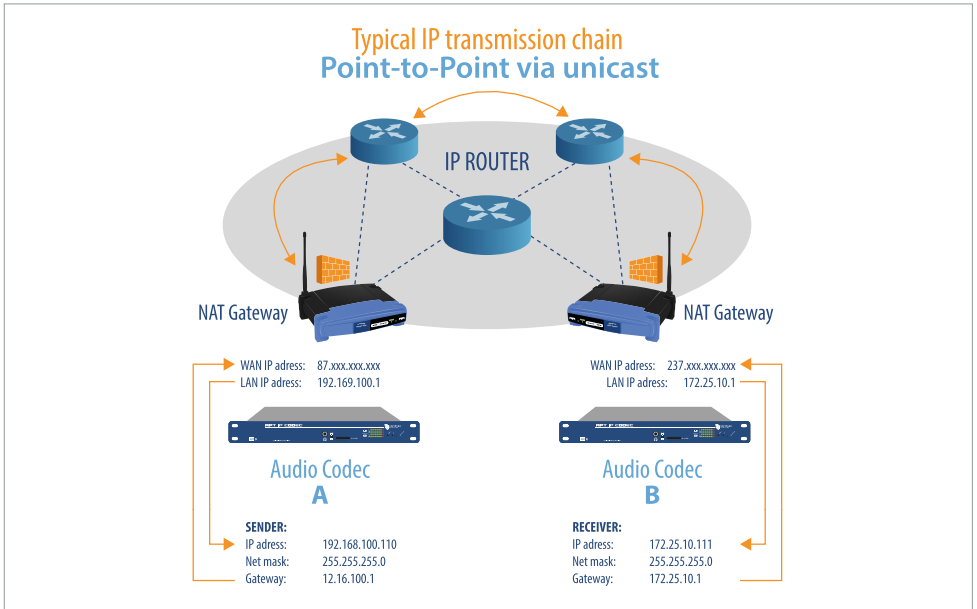


Principe de la « surcharge NAT » : plusieurs adresses IP vers une seule adresse. La table PAT/NAT est stockée dans le routeur.

Routeur et NAT

En général, le routage des paquets est toujours requis si l'expéditeur et le récepteur sont sur des réseaux différents. Si un codec envoie des données audio à un récepteur qui

n'est pas sur son réseau local, le processus de communication fonctionne de la façon suivante (fonctionnement simplifié) :

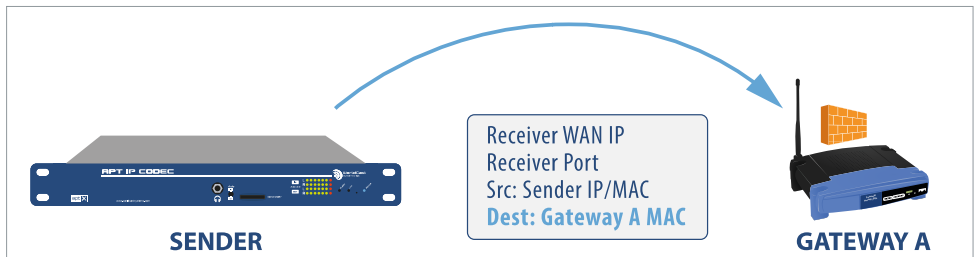


La figure ci-dessus illustre une chaîne de transmission point à point classique.

ÉTAPE 1

Le codec expéditeur (A) détermine la route la plus proche (l'adresse IP de la passerelle) ; il s'agit généralement de la passerelle NAT locale. Le codec détermine ensuite via le protocole ARP (Address Resolution Protocol) l'adresse MAC (Media Access Control) unique de la passerelle, et génère les paquets en conséquence : le paquet contient l'adresse MAC de destination de la passerelle NAT locale, l'adresse IP de réseau étendu (237.xxx.xxx.xxx) du récepteur de destination (B), le port de destination

(p. ex., 5004 pour des données utiles RTP) et les adresses MAC et IP du codex expéditeur (IP : 192.168.100.110). Avec ces données contenues dans l'en-tête, le paquet fournit les informations nécessaires au réseau IP (source et de destination). La passerelle NAT locale reçoit et traite ces paquets, qui sont envoyés à son adresse MAC.

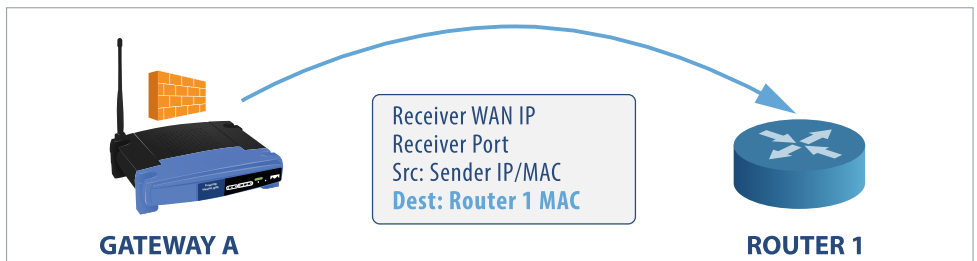


L'adresse de réseau étendu du récepteur est représentée par la passerelle NAT du récepteur (237.xxx.xxx.xxx).

ÉTAPE 2

Une fois que les paquets arrivent à la passerelle NAT locale, celle-ci lit l'adresse IP de réseau étendu de destination et, à l'aide du protocole ARP, détermine le prochain routeur adéquat auxquels les paquets doivent être transférés. Les paquets sont ensuite modifiés de manière à ce qu'ils contiennent l'adresse MAC du prochain routeur, l'adresse IP de réseau étendu du

récepteur de destination (237.xxx.xxx.xxx), le port de destination (5004), l'adresse MAC et l'adresse IP publique de la passerelle NAT source (87.xxx.xxx.xxx), ainsi que les données utiles, qui restent identiques. Grâce à la fonction NAT, les paquets subissent des changements significatifs successifs à la couche 3 (couche IP dans le modèle OSI) lors de leur traversée du réseau.



La passerelle NAT remplace l'adresse IP source avec sa propre adresse sur la couche 3. Un flux de retour trouvera la passerelle en tant qu'adresse IP de destination.

ÉTAPE 3

Lors du traitement sur les routeurs IP suivants, les paquets sont modifiés uniquement sur la couche 2. Le routeur détermine le prochain routeur, identifié par l'adresse MAC au moyen du protocole ARP. Les paquets sont générés de nouveau, l'adresse MAC de destination est désormais l'adresse MAC du prochain routeur, et l'adresse MAC source est remplacée par la sienne.

L'adresse IP de réseau étendu de la destination finale (adresse IP du récepteur, 237.xxx.xxx.xxx), l'adresse du port du récepteur (5004), l'adresse IP source du routeur NAT (87.xxx.xxx.xxx) ainsi que les données utiles sont préservées. Autrement dit, les paquets ne sont modifiés encore une fois sur la couche 2 (IP).



Les adresses MAC source et de destination de tous les routeurs suivants du réseau changent uniquement sur la couche 2. L'adresse IP source reste l'adresse de réseau étendu de la passerelle de l'expéditeur.

ÉTAPE 4

Ce processus est répété jusqu'à ce que le dernier routeur trouve l'adresse de réseau étendu de destination dans le réseau. Les paquets contiennent alors l'adresse MAC du dernier routeur du réseau en tant qu'adresse source,

les adresses MAC et IP de la destination (237.xxx.xxx.xxx), l'adresse du port de destination (5004), l'adresse IP du routeur NAT de l'expéditeur (87.xxx.xxx.xxx), et bien évidemment les données utiles.

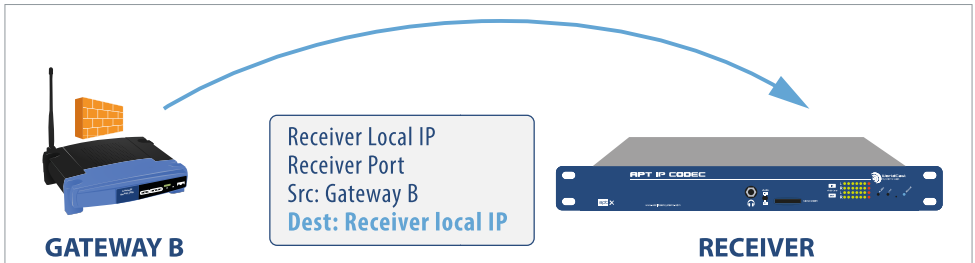


L'adresse IP de réseau étendu du récepteur est représentée par la passerelle NAT du récepteur (237.xxx.xxx.xxx).

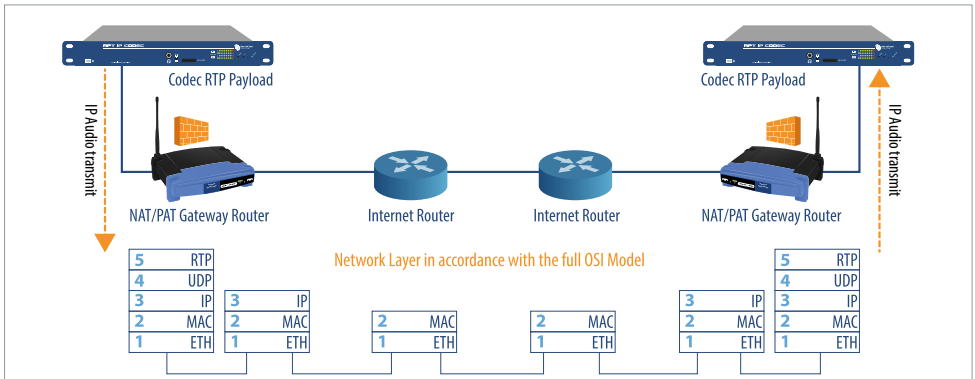
ÉTAPE 5

Finalement, la table NAT/PAT dans la passerelle NAT de destination fait correspondre le flux à l'adresse IP locale de la destination finale (récepteur audio). La figure

ci-dessous illustre le chemin des paquets sur le réseau, et les couches du modèle de référence OSI (complet), comme décrit précédemment.



Les informations de port sont utilisées pour la mise en correspondance du flux et de l'adresse IP locale par la passerelle NAT.



Les routeurs Internet ne modifient pas de nouveau les informations de la couche 3 (routeur de la couche 2).

iv Mode de traversée de NAT

Les paragraphes qui précèdent expliquent le fonctionnement de base du routage et de la fonction NAT. La « surcharge NAT » permet la connexion à Internet d'un réseau privé comportant plusieurs adresses IP et une seule adresse IP publique en utilisant la traduction des adresses de port ou PAT (Port Address Translation).

Ainsi, l'adressage de plusieurs codecs et d'autres services est possible au moyen d'une seule adresse de réseau étendu. Des techniques de traversée de NAT sont généralement requises pour les connexions point à point sur Internet, où interviennent des codecs connectés dans des réseaux privés.

Mais les codecs situés derrière des routeurs compatibles NAT n'ont pas de connectivité de bout en bout sur tous les services. Une façon de contourner ce problème consiste à utiliser une technique de traversée de NAT telle que les utilitaires de traversée de session pour la fonction NAT, ou STUN (Session Traversal Utilities for NAT).

STUN est un protocole client-serveur qui fournit des informations au client sur l'adresse IP publique ainsi que sur le type de fonction NAT derrière laquelle il se trouve. L'utilisation du protocole STUN pour la traversée de NAT exige un serveur STUN situé en dehors du domaine du réseau privé. Un autre moyen de résoudre ce problème est d'utiliser la redirection des ports locaux.

Traversée de NAT via la redirection des ports

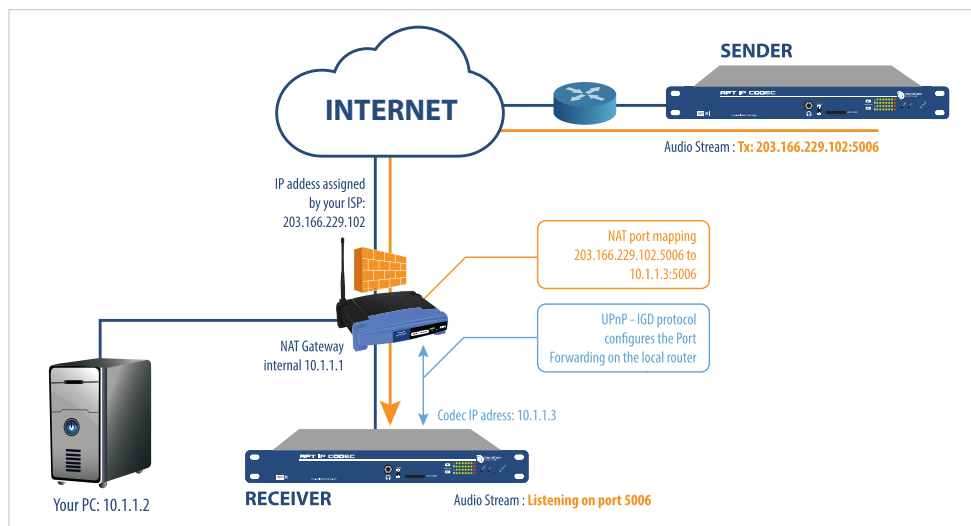
Contrairement au protocole STUN, la redirection des ports n'exige aucun serveur externe ou infrastructure dédiée. Il s'agit d'une simple question de configuration, manuellement ou automatiquement sur la passerelle NAT locale.

Lors de la configuration de la redirection des ports, l'administrateur réseau doit affecter un numéro de port de la passerelle à l'usage exclusif d'un service sur le réseau privé. Pour les services audio sur IP, ces paramètres peuvent être complexes et coûteux en temps, car chaque flux audio individuel requiert une configuration de redirection des ports. Certaines marques de codecs, comme APT, ont déjà mis en œuvre une

méthode de configuration automatique de la redirection des ports sur la passerelle NAT local via le protocole UPnP.

Le protocole Plug-and-Play universel ou UPnP (Universal Plug and Play Protocol) permet d'installer automatiquement des instances de redirection des ports sur les passerelles Internet résidentielles pour des flux audio individuels. Le protocole UPnP définit le protocole de périphérique de passerelle Internet ou IGD (Internet Gateway Device), qui est un service réseau grâce auquel une passerelle Internet avertit de sa présence sur un réseau privé.

Un codec prenant en charge le protocole UPnP peut donc découvrir une passerelle NAT et y réserver un numéro de port, en exigeant à la passerelle de rediriger des flux



Redirection des ports au moyen du protocole UPnP IGD sur le site du récepteur

audio à son numéro de port de réception et à son adresse IP (le socket de ce flux). La figure ci-après illustre le principe :

Sur la figure, le codec expéditeur envoie de l'audio sur IP à l'adresse globale de la passerelle NAT sur le site du récepteur via le port 5006. Le récepteur est configuré pour recevoir l'audio sur son port 5006.

Le protocole UPnP IGD configure automatiquement la redirection des ports pour ce flux sur la passerelle NAT.

V Adresses IP statiques et dynamiques

Une adresse de protocole Internet (connue sous le nom d'adresse IP) est une étiquette numérique attribuée à chaque périphérique (p. ex., ordinateur, codec audio) d'un réseau qui utilise le protocole IP pour communiquer. Une adresse IP a deux fonctions principales : l'identification de l'interface réseau et l'adressage de localisation.

Les adresses IP sont attribuées à un périphérique réseau (notamment les codecs) soit de façon dynamique au démarrage au moyen d'un protocole adapté, soit de façon permanente par une configuration fixe du matériel ou de son logiciel. Dans le cas d'une configuration fixe, on parle alors d'adresse IP statique, alors que l'on parle d'adresse IP dynamique quand l'adresse IP du codec est attribuée à chaque fois. L'attribution d'une adresse IP est liée à la structure du réseau auquel le codec est connecté. Dans certaines structures de réseau, une adresse IP statique peut se révéler avantageuse, alors que dans d'autres réseaux, l'attribution d'une adresse dynamique peut être requise. Avec une adresse statique, l'avantage est que le codec en question est toujours accessible à cette adresse.

L'adresse IP d'un récepteur est l'adresse de destination qui doit être connue par l'expéditeur, et si cette adresse change, d'autres techniques doivent être mises en œuvre pour localiser la destination souhaitée.

À l'heure actuelle, sur de nombreux réseaux, des serveurs DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) configurent de façon dynamique les paramètres d'adresse IP sur les périphériques réseau tels que les ordinateurs et les codecs. Un réseau est clairement structuré selon l'organisation logique de la station de radio ou de la compagnie de diffusion, et peut consister en différents segments de réseau reliés entre eux par des routeurs réseau. Ces segments de réseau sont souvent constitués de différents sous-réseaux, servis chacun par un serveur DHCP. Sur les codecs de diffusion actuels, il est donc essentiel d'avoir un client DHCP. Si

vous utilisez une liaison xDSL standard d'un fournisseur de services quelconque pour diffuser de l'audio sur Internet, le fournisseur attribuera des adresses IP dynamiques par l'intermédiaire d'un serveur DHCP.

vi DNS et DNS dynamique (DDNS)

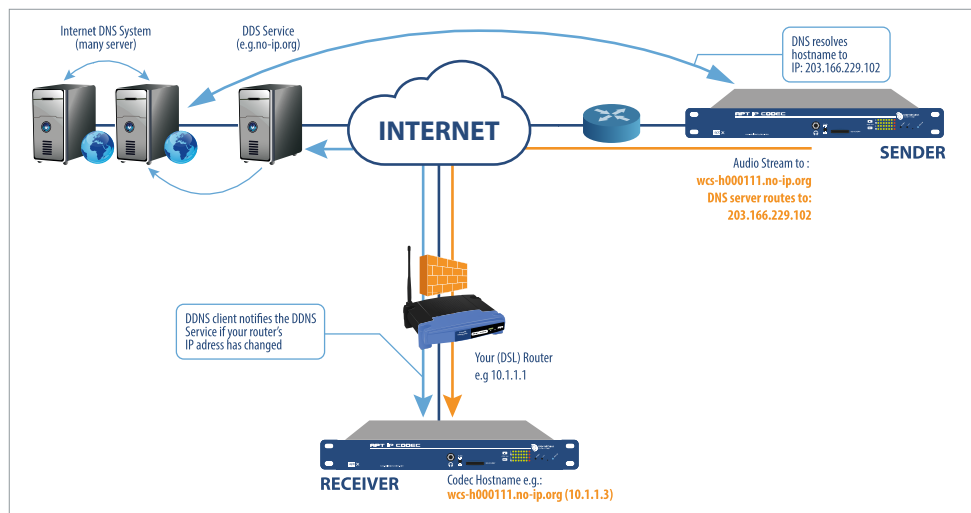
Dans un réseau IP, de nombreux protocoles et services différents fonctionnent conjointement pour fournir un service fiable, et dans les réseaux publics, l'un des plus importants est le système de noms de domaine ou DNS (Domain Name System). Il s'agit du répertoire des noms d'hôte ou des noms de domaine enregistrés sur le réseau. Ce système traduit facilement les noms compris ou connus nécessaires à la localisation des services et des périphériques (notamment les codecs IP) du monde entier.

Comme indiqué précédemment, les serveurs DHCP et les passerelles NAT attribuent des adresses IP de façon dynamique. Par conséquent, le fait que les périphériques, comme les codecs IP, puissent enregistrer leur nom d'hôte avec un service de noms de domaine se révèle particulièrement utile. À l'heure actuelle, de nombreux fournisseurs, appelés fournisseurs de services DNS dynamiques, offrent cette technologie et ces services sur Internet.

Le système DNS dynamique (DDNS) est utilisé pour traduire un domaine ou un nom d'hôte connu en une adresse IP qui pourrait changer fréquemment. Il fournit une méthode d'adressage constante pour les codecs dont la localisation ou la configuration pourrait changer, en diffusant vers le nom d'hôte enregistré plutôt que vers une adresse IP dynamique. Le système DDNS est une autre technologie qui aide à automatiser la connectivité d'un codec dans un environnement réseau en changement constant.

Les codecs APT de WorldCast Systems mettent en œuvre un client DDNS versatile capable de se connecter à divers fournisseurs de services DDNS. La figure suivante illustre

l'interaction du client DDNS du codec avec le système DNS sur le réseau. Le codec expéditeur envoie le flux audio au nom d'hôte connu du codec de réception



Principe du système DNS dynamique sur Internet

(pas à l'adresse IP). Le client DNS dans le codec expéditeur effectue une demande qui requiert une recherche du nom d'hôte ou de domaine, et le système DNS d'Internet envoie la réponse à la demande. Dans l'exemple illustré ci-dessus, la demande porte sur l'adresse IP attribuée au nom d'hôte : wcs-h000111.no-ip.org. La réponse est : 203.166.229.102, c'est-à-dire l'adresse publique d'une passerelle NAT.

DDNS qui communique en permanence avec le fournisseur de services DDNS configuré. Chaque minute, le client lit l'adresse IP publique de la passerelle NAT et envoie ces informations au fournisseur de services DDNS. Dès que l'adresse IP de la passerelle NAT change, le service DDNS met à jour le système DNS d'Internet en conséquence en fournissant ces informations à toutes les demandes DNS.

- Le nom d'hôte du codec a été enregistré par le fournisseur de services DNS dynamiques, à savoir « No-IP.org ».
- Le nom décrit un périphérique (codec de destination) enregistré sur le domaine « no-ip.org ».
- L'information sur l'adresse IP renvoyée constitue la valeur provenant du système DNS d'Internet, et décrit le codec de destination souhaité.
- Le codec de destination héberge le client

Le système DDNS est une technique qui traduit le nom d'hôte statique en adresse IP dynamique et qui permet la localisation du codec cible dans le monde entier.

vii SIP et SDP

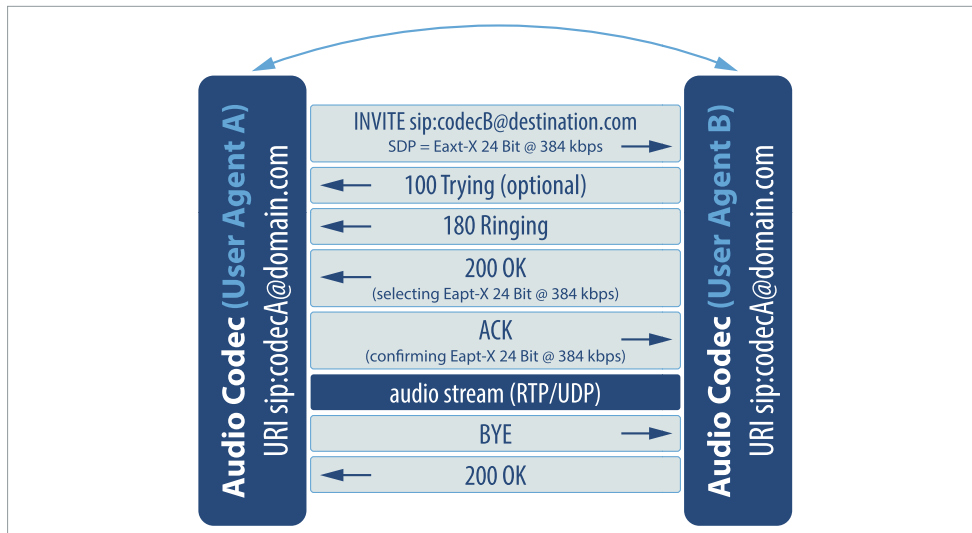
Le protocole d'ouverture de session ou SIP (Session Initiation Protocol) est un protocole de signalisation largement recommandé par les organismes de normalisation. Jusqu'à aujourd'hui, les codecs IP étaient généralement connectés sur des réseaux locaux privés ou des réseaux étendus dédiés, mais il est désormais de plus en plus courant de les connecter sur des réseaux publics et d'utiliser un fournisseur de services quelconque. Il est donc nécessaire d'utiliser un protocole de signalisation pour établir la connexion. Si le protocole SIP n'est pas utilisé, le système DNS dynamique et la diffusion des noms d'hôte reste une alternative adaptée.

Le protocole SIP est un protocole de signalisation servant à ouvrir et fermer une session avec un ou plusieurs participants, par l'intermédiaire du protocole IP. Protocole basé sur du texte léger avec seulement six messages, le protocole SIP minimise la complexité et est indépendant du transport, si bien qu'il peut être utilisé à la fois avec les protocoles UDP et TCP.

Si les protocoles TCP/IP et RTP/UDP sont disponibles pour la négociation, le protocole RTP sur UDP est utilisé pour le transport des données multimédias. En tant que protocole de pair à pair, les composants individuels ont la possibilité de se connecter directement sans passer par un serveur central. Dans le contexte du protocole SIP, un composant individuel est dénommé « agent utilisateur », et dispose de son propre identifiant de ressource uniforme, ou URI (Uniform Resource Identifier), SIP.

La syntaxe d'un URI SIP est similaire à une adresse électronique : sip:utilisateur@hôte. « Utilisateur » est un nom d'utilisateur prédéfini, tandis que l'hôte est un nom de domaine ou une adresse réseau, p. ex., sip:monCodec@monDomaine.com. Quand un agent utilisateur (A) souhaite se connecter à un autre agent utilisateur (B) sans passer par un périphérique de connexion intermédiaire, l'utilisateur A doit connaître l'URI SIP de l'utilisateur B (voir figure ci-après). Si l'utilisateur B change d'emplacement pour aller dans un autre réseau, l'URI SIP temporaire change également.

Communication SIP/SDP de pair à pair



Connexion de pair à pair sans proxy SIP ni serveur de localisation

Dans les systèmes de connexion plus grands ou mondiaux, un serveur proxy SIP est requis pour transférer et connecter les appels SIP à la destination souhaitée.

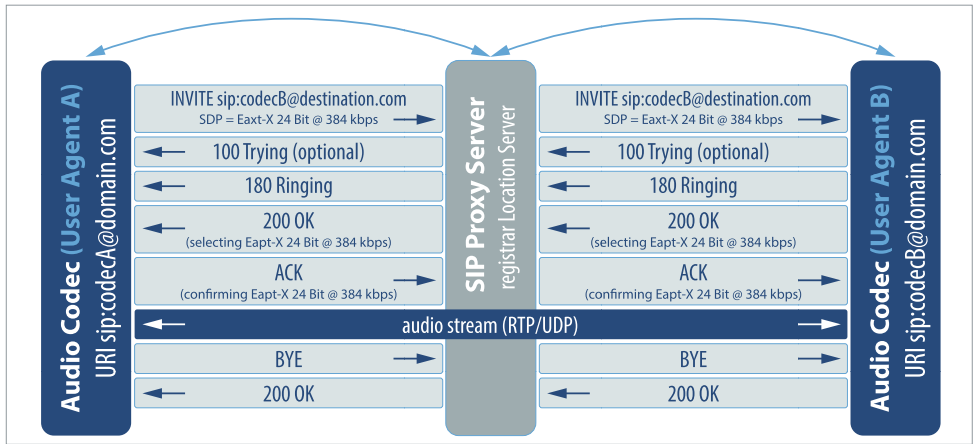
Une fois qu'un codec s'est enregistré auprès du serveur d'inscriptions SIP, l'URI SIP actuel (temporaire) du codec est transféré au serveur de localisation SIP. Le serveur de localisation rend disponible l'URI SIP actuel de ce codec sur le serveur proxy SIP en train de négocier la connexion.

Grâce à ce mécanisme, le codec est visible de partout, et un appel SIP peut être établi quelle que soit la localisation actuelle du

codec. Le serveur de localisation est énorme base de données qui assure la traduction entre les URI SIP temporaires et les URI SIP personnels.

Le protocole SIP agit comme un support pour le protocole de description de session ou SDP (Session Description Protocol) intégré. Le rôle du protocole SDP est de négocier les propriétés d'une connexion de données multimédias. Il décrit le contenu multimédia d'une session, par exemple, le port IP à utiliser, l'algorithme en cours d'utilisation ou les listes de priorité d'échange, qui peut être remplacé ou modifié par le site distant. Une

Communication SIP/SDP via une infrastructure SIP



Communication SIP/SDP simplifiée sur une infrastructure SIP pour les codecs A et B

fois que les connexions ont été établies, les points terminaux SIP échangent simplement des flux multimédias, généralement en utilisant les protocoles RTP sur UDP.

Il faut envisager le protocole SIP dans le contexte des connexions RNIS, et le mécanisme de transport multimédia dans le domaine IP. Le canal D RNIS est chargé de négocier une connexion, et les données multimédias sont transportées sur les canaux B RNIS. Le SIP se charge de négocier la session et gère les connexions ; le mécanisme de transport RTP/UDP ou TCP/IP représente le transport multimédia dans un réseau IP. Avec le protocole SIP, le processus de connexion et de transport multimédia peut s'effectuer sur des réseaux différents.

viii Protocole STUN

Les utilitaires de traversée de session pour la fonction NAT, ou STUN (Session Traversal Utilities for NAT) sont un ensemble standardisé de méthodes et un protocole réseau permettant à un hôte final (codec) de découvrir son adresse IP publique s'il est situé derrière un routeur NAT (désigne également le mode de traversée de NAT).

Le protocole STUN permet au protocole SIP fonctionnant derrière un système de traduction des adresses réseau ou NAT (Network Address Translation) de découvrir la présence de la fonction NAT et d'obtenir l'adresse IP (publique) mise en correspondance

et le numéro de port que la fonction NAT a attribué au flux UDP du codec.

Le protocole STUN exige un serveur STUN situé du côté opposé (public) de la fonction NAT, généralement du côté de l'Internet public

Le codec situé derrière un routeur NAT exécute le client STUN, et ce dernier communique avec le serveur STUN via des demandes de liaison STUN et des réponses de liaison STUN. La réponse du client STUN permet à l'agent utilisateur SIP (dans le codec) d'utiliser les informations de contact publiques pour l'en-tête SIP ou de modifier le paramètre SDP.

IX Balisage VLAN

Il est possible de partitionner un réseau informatique pour créer plusieurs domaines de diffusion distincts, qui sont mutuellement isolés de sorte que les paquets ne puissent les traverser que via un ou plusieurs routeurs. Un tel domaine est dénommé réseau local virtuel, ou LAN virtuel, ou encore VLAN.

Dans le contexte des codecs IP, les VLAN sont bénéfiques pour séparer logiquement le réseau de gestion du domaine de streaming audio. Aujourd'hui, la majorité des codecs audio IP offrent deux ports Ethernet en vue d'une utilisation polyvalente.

Le logiciel permet généralement de configurer un port en guise de port de diffusion, et l'autre en guise de port de gestion. Cette méthode convient tant qu'un seul port est utilisé pour la diffusion audio. Mais si les deux ports doivent être utilisés pour le streaming redondant, la gestion doit partager l'un des ports physiques.

Ce partage est possible si le codec est compatible avec les VLAN, et s'il peut générer des balises VLAN.

Comme décrit ici, le balisage VLAN est une méthode reposant sur un protocole et définie dans la norme IEEE 802.1q. Comme indiqué précédemment, un routeur VLAN est capable d'accepter des paquets balisés provenant de différents VLAN, tout en maintenant ces paquets rigoureusement séparés. Les commutateurs VLAN sont physiquement connectés à d'autres VLAN par l'intermédiaire des soi-disant ports de jonction de VLAN, ou VLT (VLAN Trunk Port).

La capacité de données entre les commutateurs est limitée par la conception du réseau, mais le jeu de protocoles IEEE 802.1 permet cependant de périodiser les paquets pour chaque VLAN affecté sur ces ports de jonction. Ce mécanisme est décrit dans la norme IEEE 802.1p.

Un codec capable de marquer des paquets par balisage comporte un grand avantage. Il peut physiquement se connecter à chaque commutateur ou routeur compatible VLAN qui est connecté aux autres VLAN via le port de jonction. Autrement dit, il n'est pas nécessaire d'installer une nouvelle infrastructure physique entre l'emplacement du codec et le prochain périphérique VLAN affecté.

Un codec doit être capable de gérer un certain nombre d'interfaces virtuelles pour la diffusion audio et les services de gestion conformément aux normes IEEE 802.1q et 802.1p.

ET ENSUITE ? Maintenant que vous possédez une meilleure compréhension du fonctionnement des réseaux IP, sachez qu'il existe de nombreux outils de test qui peuvent vous aider à prédéployer votre réseau audio sur IP et à résoudre les différents problèmes que vous pourriez rencontrer. La section suivante se penche sur quelques-uns d'entre eux...



7. Test et analyse du réseau

Prédéploiement

Avant de recevoir vos codecs audio, vous pouvez utiliser de nombreux outils pour voir simplement comment un réseau peut fonctionner. Nous avons délibérément utilisé « peut fonctionner » au lieu de « fonctionne », car les réseaux IP, dans l'hypothèse d'une utilisation de l'Internet public, peuvent avoir des performances extrêmement variables d'un jour à l'autre, voire d'une heure à l'autre. Cette variabilité du délai est due en très grande partie à la nature de contention de la bande passante utilisée pour la connexion à l'Internet public.

Les connexions xDSL font généralement l'objet d'une contention ou sont généralement partagées avec d'autres utilisateurs à un taux de 1:25, équivalent au partage de la bande passante entre 25 utilisateurs potentiels. Par exemple, dans une zone résidentielle, on peut noter un pic d'utilisation à 20 h 00 quand les gens basculent sur leur service Netflix ou d'autres services de diffusion multimédia. Le taux de contention est alors beaucoup plus élevé qu'à minuit dans ce type de zone et sur ce type de liaison.

Un test de prédéploiement peut donc vous aider à déterminer s'il vaut mieux utiliser vos codecs seuls sur une unique liaison ou si vous devriez utiliser une technologie de streaming redondant, comme SureStream, qui vous permettra d'obtenir un service acceptable depuis l'Internet public pour votre liaison LSE et d'autres liaisons audio de diffusion.

Dans le contexte des liaisons IP gérées, comme les réseaux MPLS, les réseaux étendus ou les réseaux locaux, vous pouvez utiliser les mêmes outils, malgré les différences. Dans ce cas, vous mesurerez un très haut niveau de performances (du moins vous l'espérez) et verrez si la liaison MPLS est conforme au SLA de la compagnie de télécom ou si la bande passante promise est conforme aux spécifications du réseau local de l'entreprise en termes de bande passante et de QoS garanties.

Cette section examine les outils de base requis avant et après le déploiement, et explique comment appliquer ces outils pour préparer le déploiement de codecs IP.

Test ping

Il s'agit du test de connectivité réseau élémentaire que vous pouvez utiliser entre les deux points terminaux que vous espérez connecter avec vos codecs audio. La syntaxe du test ping est illustrée sur la figure ci-après, et le test est habituellement exécuté depuis un PC ou un périphérique réseau du site d'émission vers un autre PC ou périphérique réseau du site de réception.

Pour les utilisateurs sous Windows, la commande de base dans une fenêtre de commande est `ping xxx.xxx.xxx.xxx`, où `xxx.xxx.xxx.xxx` est l'adresse IP de la cible. La cible peut aussi être une URL, à condition qu'un serveur DNS valide soit configuré sur le PC à l'origine du test. L'ajout du suffixe `-t` après l'adresse IP permet d'exécuter un test ping continu et peut se révéler utile si vous essayez de localiser physiquement le bon câble RJ45 à connecter au PC d'émission ou de réception.

Le test ping n'est qu'une indication qui permet de savoir si les deux extrémités sont disponibles et visibles. Toutefois, les ports sur lesquels les codecs audio doivent se connecter et être gérés doivent aussi être ouverts et disponibles. Or, le test ping n'est pas capable de déterminer cela.

Le test ping est une bonne indication du délai d'aller et retour entre les deux points terminaux, ainsi que des niveaux fluctuation sur le réseau. Le test ping n'est toutefois pas une indication de la perte de paquets. Ce point est parfois mal compris. Si quelqu'un exécute un test ping `-t` pendant quelques jours et constate qu'aucun paquet n'a été perdu, il pense à tort que sa liaison est de bonne qualité et convient parfaitement aux codecs audio sur IP.

Or, cette hypothèse est fautive, car le test ping utilise une bande passante minimale et le protocole ICMP, si bien qu'aucun paquet perdu ne sera présent si le récepteur n'envoie pas un paquet de validation (ack.) à l'expéditeur.

Pour diverses raisons, notamment le temps de latence, les codecs audio utilisent le

protocole UDP-IP (sans connexion ou « envoi et oubli »), si bien qu'un test ping n'a aucune pertinence en ce qui concerne la perte de paquets, du fait que les protocoles diffèrent. Il existe un outil différent spécialement conçu à cette fin.

```
C:\Users\kcampbell>ping

Usage: ping [-t] [-a] [-n count] [-l size] [-f] [-i TTL] [-v TOS]
          [-r count] [-s count] [[-j host-list] | [-k host-list]]
          [-w timeout] [-R] [-S srcaddr] [-4] [-6] target_name

Options:
  -t          Ping the specified host until stopped.
              To see statistics and continue - type Control-Break;
              To stop - type Control-C.
  -a          Resolve addresses to hostnames.
  -n count    Number of echo requests to send.
  -l size     Send buffer size.
  -f         Set Don't Fragment flag in packet (IPv4-only).
  -i TTL     Time To Live.
  -v TOS     Type Of Service (IPv4-only. This setting has been deprecated
            and has no effect on the type of service field in the IP Head
            er).
  -r count    Record route for count hops (IPv4-only).
  -s count    Timestamp for count hops (IPv4-only).
  -j host-list Loose source route along host-list (IPv4-only).
  -k host-list Strict source route along host-list (IPv4-only).
  -w timeout  Timeout in milliseconds to wait for each reply.
  -R         Use routing header to test reverse route also (IPv6-only).
  -S srcaddr  Source address to use.
  -4         Force using IPv4.
  -6         Force using IPv6.
```

Syntaxe ping dans la fenêtre d'invite de commande de Windows

```
C:\Users\kcampbell>ping 66.166.242.173

Pinging 66.166.242.173 with 32 bytes of data:
Reply from 66.166.242.173: bytes=32 time=192ms TTL=240
Reply from 66.166.242.173: bytes=32 time=209ms TTL=240
Reply from 66.166.242.173: bytes=32 time=233ms TTL=240
Reply from 66.166.242.173: bytes=32 time=151ms TTL=240

Ping statistics for 66.166.242.173:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 151ms, Maximum = 233ms, Average = 196ms
```

Test ping entre Belfast et un codec situé à Miami, donnant un délai d'aller et retour moyen

En résumé, le test ping peut aider à déterminer si le matériel est actif et accessible, ainsi que le niveau de fluctuation sur le réseau. La valeur de fluctuation peut être calculée en soustrayant la plus petite variable de la plus grande, puis en insérant manuellement la valeur résultante en millisecondes avec un certain surdébit permettant une variation dans le temps, dans le tampon de fluctuation configuré sur le codec audio.

IP Connection Verifier (outil de test UDP)

L'outil logiciel IP Connection Verifier a été spécialement développé par APT et peut être fourni gratuitement à n'importe quel client ou client potentiel. Il s'agit essentiellement d'un simple générateur et récepteur de paquets UDP qui peut être exécuté sur n'importe quel PC. L'idée est de générer un flux de paquets UDP et de simplement compter le nombre de paquets reçus à l'autre bout de la liaison. Cela vous donnera un pourcentage brut de la perte de paquets sur la liaison que vous envisagez d'utiliser pour le déploiement de votre codec IP sur une période d'heures et de jours. Il peut être considéré comme outil de ping UDP avec journalisation !

Il existe plusieurs outils pour tester le débit ou la bande passante d'une liaison. Vous ne pouvez pas mesurer la même chose sur une liaison Internet ouverte et une liaison gérée, mais les outils, eux, sont les mêmes. Sur une liaison gérée comme la MPLS, la bande passante, comme la remise des paquets, doit être constante et stable dans une plage prédéfinie. La bande passante sur un service MPLS d'une compagnie de télécom doit être définie dans un SLA ou un contrat de location de ligne, et ne doit pas en dévier de façon significative. Par conséquent, si vous avez un service qui garantit une bande passante de 1,5 Mbits/s, vous devriez toujours être capable de mesurer la bande passante et d'obtenir cette valeur.

Toutefois, en raison de la nature de contention ou du partage de la connectivité avec d'autres utilisateurs sur l'Internet public, la bande passante, comme la perte de paquets, est influencée par le nombre d'abonnés ou



Illustration d'un outil de test de bande passante UDP sur la liaison

d'utilisateurs en concurrence pour cette bande passante. Ainsi, sur l'Internet public, la bande passante des liaisons montantes (sortantes) et des liaisons descendantes (entrantes) sera extrêmement variable selon le nombre d'abonnés en concurrence pour elle, par l'intermédiaire des divers sauts du point A au point B à ce moment donné. En outre, si vous utilisez un outil logiciel parmi ceux énumérés ci-après pour mesurer la bande passante sur une liaison Internet ouverte, vous ne mesurez que les liaisons sortantes et entrantes à ce point, et vous ne mesurez donc pas les étranglements de bande passante qui peuvent se produire plus en aval.

<http://www.speedtest.net/>
<http://www.bandwidthplace.com/>

Traceroute ou analyse des sauts

Un saut est simplement un périphérique intermédiaire le long du chemin entre vos deux codecs. Il peut s'agir d'un routeur ou d'une passerelle entre des réseaux. Le nombre de sauts a un effet sur le temps de

latence et la probabilité de paquets perdus, et peut aussi avoir un effet sur la bande passante disponible. Il est logique de penser que plus il y aura de sauts, plus le temps de latence sera grand et plus il y aura de chances de rencontrer un étranglement de bande passante. Ainsi, il est conseillé de réduire au minimum le nombre de sauts. Ce qui est plus facile à dire qu'à faire !

À moins d'avoir une liaison MPLS ou un circuit géré, une fois que vous quittez votre installation, vous êtes à la merci de l'Internet ouvert, et les paquets traverseront Internet du mieux qu'ils peuvent. Le résultat

de l'outil traceroute (syntaxe de la fenêtre de commande : `tracert xxx.xxx.xxx.xxx`) que vous venez d'exécuter peut varier de manière significative du résultat obtenu il y a cinq minutes. Certains fournisseurs Internet clament qu'ils peuvent vous maintenir « sur le net » aussi longtemps que possible, en limitant le nombre de sauts pendant au moins une partie du trajet sur l'Internet ouvert. Les paquets devront toutefois éventuellement traverser une passerelle sur l'Internet réel, et à ce moment-là tout contrôle sera évidemment perdu.

```
C:\Users\kcampbell>tracert 66.166.242.173

Tracing route to h-66-166-242-173.miat.fl.megapath.net [66.166.242.173]
over a maximum of 30 hops:

  0  0 ms   0 ms   0 ms   0 ms   0.0.0.0
  1  1 ms   1 ms   1 ms   217.33.179.81
  2  17 ms  14 ms  14 ms  212.140.153.173
  3  17 ms  15 ms  14 ms  core2-pos4-6.sheffield.ukcore.bt.net [217.32.171
.117]
  4  38 ms  120 ms  25 ms  core2-pos0-14-5-0.ealing.ukcore.bt.net [62.172.1
03.117]
  5  25 ms  22 ms  22 ms  peer2-xe9-1-0.telehouse.ukcore.bt.net [109.159.2
54.114]
  6  26 ms  24 ms  24 ms  t2c3-xe-2-1-3-0.uk-lon1.eu.bt.net [166.49.211.19
4]
  7  27 ms  25 ms  25 ms  195.66.224.130
  8  152 ms 101 ms 103 ms  ub1042.rar3.nyc-ny.us.xo.net [207.88.13.202]
  9  167 ms 158 ms 204 ms  te-3-0-0.rar3.washington-dc.us.xo.net [207.88.12
7.74]
 10  191 ms 137 ms 179 ms  te-3-0-0.rar3.atlanta-ga.us.xo.net [207.88.12.9]

 11  206 ms 201 ms 206 ms  ae0d0.mcr2.miami-fl.us.xo.net [216.156.0.230]
 12  226 ms 204 ms 203 ms  ip65-47-56-154.z56-47-65.customer.algx.net [65.4
7.56.154]
 13  x       x       x       Request timed out.
 14  168 ms 204 ms 200 ms  h-66-166-242-173.miat.fl.megapath.net [66.166.24
2.173]

Trace complete.
```

Traceroute entre Belfast et Miami

Bande passante requise

Maintenant que vous avez confirmé la véracité de la liaison au moyen du logiciel IP Connection Verifier ou éventuellement confirmé qu'une seule liaison ne suffit pas et choisi d'utiliser une méthode basée sur un streaming redondant, vous devez encore

calculer la bande passante requise sur chaque liaison. Comme nous l'avons vu dans les chapitres précédents, la bande passante requise est constituée des données audio utiles et des informations contenues dans l'en-tête des paquets.

Petite taille de paquet = plus de bande passante requise = moins grand temps de latence

Grande taille de paquet = moins de bande passante requise = plus grand temps de latence

Dans le cas de l'exemple de l'algorithme audio, Enhanced apt-X, 16 bits à un débit de données de 256 kbits/s, une norme de facto pour les liaisons SLE sans pertes à 15 kHz en qualité FM, les données requises

Taille de paquet = 512 octets

Débit audio (bits/s)	Paquets/s	Surdébit (octets/s)	Octets totaux/s	Bits/s absolu	Kilo-octets/s	kbits/s	Délai de mise en paquets (ms)
256000	62,50	3375,00	35375,00	283000	34,55	283,00	16,00

Taille de paquet = 64 Bytes

Débit audio (bits/s)	Paquets/s	Surdébit (octets/s)	Octets totaux/s	Bits/s absolu	Kilo-octets/s	kbits/s	Délai de mise en paquets (ms)
256000	500,00	27000,00	59000,00	472000	57,62	472,00	2,00

varie de façon significative : en utilisant une taille de paquet de 512 octets au lieu de 64 octets, les données requises sur la liaison ont grandement diminué de 472 kbits/s à 283 kbits/s. Le délai a toutefois augmenté de 2 à 16 ms. Ce délai concerne uniquement le processus de mise en paquets et doit être ajouté au délai de propagation des codecs matériels et logiciels et au délai réseau afin d'obtenir un délai réel de bout en bout ou d'aller et retour.

En résumé, la taille de paquet sélectionnée aura un effet notable sur la bande passante requise sur chaque liaison, la compensation dans ce cas étant toujours entre délai tolérable et usage de bande passante. Nous n'attendons pas de vous que vous fassiez les calculs mathématiques pour chaque situation, APT propose un certain nombre de feuilles de calcul et de calculatrices gratuites qui peuvent calculer l'usage de bande passante pour n'importe quel algorithme et quelle que soit la taille de paquet sélectionnée. Bien que ces calculatrices concernent uniquement la

gamme de produits et les installations d'ATP, elles peuvent aussi être utilisées à titre d'orientation pour les exigences d'autres fabricants.

Dépannage

Les choses ne se déroulent pas toujours comme prévu, et à ce titre la technologie audio sur IP ne diffère en rien des autres technologies de transport audio qui l'ont précédée. L'audio sur IP présente toutefois l'avantage évident d'offrir un éventail d'options de secours et redondantes qui peuvent être mises en œuvre pour un coût non linéaire. Parmi ces technologies, un exemple leader sur le marché est notre propre technologie SureStream.

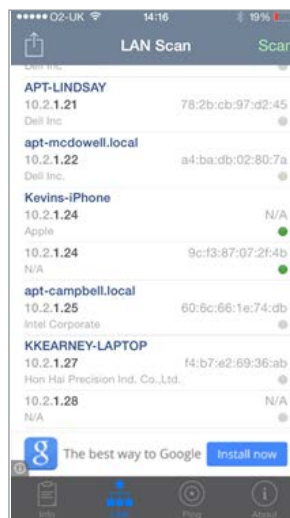
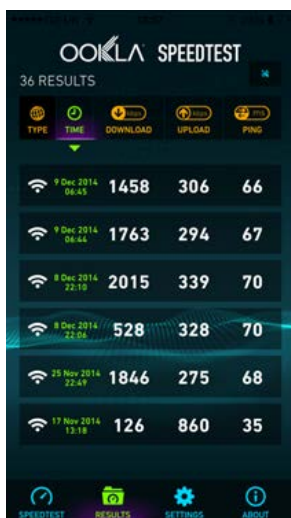
Si vous avez planifié et correctement mis en œuvre votre réseau audio sur IP, les pannes d'antenne dues à une défaillance de la liaison LSE ne devraient être que du passé. En conséquence, le dépannage d'une liaison LSE audio sur UP ou d'une liaison de contribution se révèle moins pénible que les problèmes de liaison LSE ou de transport

audio du passé. Toutefois, la complexité peut être extrême, et une certaine interaction avec plusieurs tierces parties, du fournisseur de codec audio au fournisseur de la liaison en passant par le service informatique, peut se révéler nécessaire pour localiser et résoudre un problème.

Les mêmes outils que vous avez utilisés dans les tests de prédéploiement peuvent aussi être utilisés dans les procédures de

dépannage. Par exemple, le test ping peut être utilisé pour déterminer si le codec situé à l'autre bout de la liaison est disponible et visible sur le réseau.

Le logiciel IP Connection Verifier peut confirmer que le pourcentage de pertes de paquets est largement conforme aux critères consignés lors des tests de prédéploiement réalisés avec ce même outil. Enfin, traceroute



Exemple d'outils réseau, journalisation sur l'appli IOS Speedtest.com d'Ookla et analyse du réseau local sur l'appli IOS Net Analyser de Technet.net

peut de nouveau confirmer que le nombre de sauts est largement conforme aux critères de prédéploiement consignés. Il ne faut toutefois pas trop insister sur l'importance des essais et de la tenue d'archives.

Comme indiqué précédemment, les performances réseau, en particulier sur l'Internet ouvert, sont extrêmement variables, si bien qu'il se révèle extrêmement utile d'obtenir une performance « moyenne » de chaque liaison ou réseau lors du dépannage. Outre ces outils de base qui facilitent le dépannage et la localisation des problèmes, de nombreux autres

outils permettent d'effectuer une analyse plus détaillée. Généralement, l'ingénieur de diffusion « moyen » transmettra les problèmes de réseau au service informatique ou à son fournisseur de services, après avoir déterminé que le problème provient du réseau en soi.

Toutefois, on constate de plus en plus que les équipes d'ingénieurs de diffusion comptent parmi leurs membres des professionnels certifiés CISCO et Juniper ! C'est une tendance qui, à n'en pas douter, se poursuivra.

Dépannage et émulation

Certains fournisseurs de codecs audio sur IP aident leurs clients à diagnostiquer les anomalies et à analyser leurs réseaux dans le cadre d'un engagement permanent vis-à-vis du service clientèle. WorldCast Systems est l'un de ces fournisseurs. Certains outils que nous utilisons avec succès incluent la capture et l'émulation du réseau. Nous disposons d'un outil très complet d'essai sur notre principal site de R&D à Belfast. Cet outil spécifique constitue notre arsenal de dépannage et provient de la gamme d'émulateurs WAN d'Apposite Technologies.

Les émulateurs WAN permettent de simuler sur banc d'essai toutes les caractéristiques typiques des liaisons IP, notamment la bande passante, la fluctuation, le temps de latence, la perte de paquets, la perte de connexion, etc.

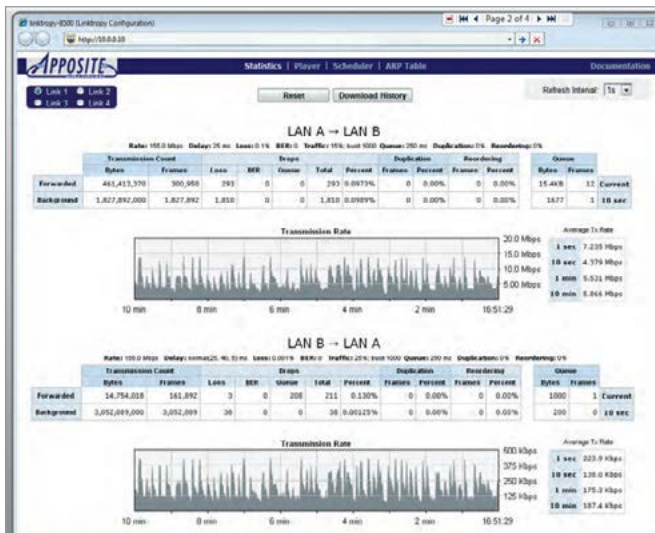
Ces émulateurs sont des outils cruciaux pour le développement de produits fiables répondant aux besoins des demandes réelles de la vaste matrice de réseaux IP et des conditions rencontrées.

En ce qui concerne le dépannage, WorldCast Systems peut fournir un outil d'enregistrement à n'importe quel client, dans le monde entier. Cet outil

d'enregistrement peut être déployé sur un seul PC ou ordinateur portable et sert à capturer exactement les performances sur un réseau spécifique entre un point A et un point B. Cette capture peut ensuite être envoyée par e-mail à notre service de R&D, qui la chargera dans l'émulateur. Nous disposerons alors de votre réseau sur notre banc d'essai, avec un ensemble complet d'outils de test et une équipe d'ingénieurs et de développeurs prêts à analyser tout problème spécifique de votre réseau.

Grâce à l'émulation par l'intermédiaire du fournisseur de votre codec IP, en guise d'outil de dépannage tertiaire, certains problèmes réseau sous-jacents très spécifiques peuvent être découverts très rapidement.

Autrefois, l'émulation nous permettait de détecter pour notre base de clients des anomalies relatives à une mise en tampon et une mise en file d'attente défectueuses des routeurs, et à des paramètres de seuil défectueux des paquets sur le réseau d'infrastructures IP des fournisseurs. Une fois le diagnostic établi grâce à l'émulation, la résolution consiste le plus souvent en une modification du réseau ou parfois en un changement ou une actualisation du microprogramme du codec.



Interface de surveillance d'un émulateur



ET ENSUITE ? Maintenant que vous avez acquis les connaissances, il est temps d'élaborer une liste de contrôle finale du pré-déploiement audio sur IP, ce que nous verrons justement dans la prochaine section...

8. Planning de prédéploiement

Dans les précédentes versions de ce guide, nous publions une liste de contrôle avec nos recommandations à l'attention des diffuseurs à propos de leur premier déploiement audio sur IP.

Avec le temps et le progrès des technologies, ce type de liste de contrôle est de moins en moins utile. Grâce à la multitude d'options disponibles, il n'existe plus de « stratégie recommandée » convenant à tous les utilisateurs. Vous pouvez en effet personnaliser votre réseau audio sur IP afin de l'adapter aux exigences particulières de votre station.

Par conséquent, notre dernier conseil n'est pas une série des choses à faire et à ne pas faire, mais plus une liste des points à prendre à considération pour garantir une compréhension exhaustive avant tout achat ou signature de contrat. Grâce aux informations fournies dans ce guide, vous serez à même de décider ce qui convient à votre installation.

1 Choix du réseau

Avec une bonne compréhension des différents types de liaisons IP qui peuvent être mises à disposition, vous pouvez étudier le marché de manière avisée afin d'examiner les options offertes par les fournisseurs de services locaux.

Ce dernier choix sera influencé par les considérations suivantes :

- Le type de liaison de diffusion requise. S'agit-il d'une liaison LSE ou de distribution permanente ou d'une connexion distante temporaire ?
- La distance de la connexion. Un saut local est plus enclin à ne faire intervenir qu'un seul fournisseur de services, et offre une connexion plus fiable et de meilleure qualité. La nécessité d'établir une liaison avec des sites nationaux ou internationaux aura un impact significatif sur la fiabilité et le délai attendus. Veillez à déterminer si plusieurs compagnies de télécom sont impliquées.
- Disponibilité des connexions. Différents fournisseurs de services offriront différentes solutions, et il se peut que vous ne puissiez pas accéder à tous les types de connexion qu'ils proposent. Pour les liaisons gérées, une étude détaillée des contrats de niveau de service (SLA) fournis doit vous permettre de mieux comprendre le niveau de fiabilité attendu.



2 Choix du plan de données / service

- Vos exigences en matière de données. Vous devez calculer à l'avance la bande passante dont vous aurez besoin pour toutes vos liaisons sur la base du type de contenu, de la connexion (monodiffusion, multidiffusion ou monodiffusion multiple), du nombre de canaux audio et des algorithmes de codage utilisés.
- Vos exigences au niveau de l'entreprise. Certaines stations peuvent choisir de ne pas utiliser une liaison dédiée pour les connexions audio, mais de partager plutôt une liaison d'entreprise à haut débit (souvent une liaison de fibre optique ou IP gérée) pour leurs opérations professionnelles quotidiennes. Si vous choisissez cette méthode, il sera nécessaire de mettre en œuvre la QoS sur l'ensemble du réseau interne pour garantir la priorité de l'audio.
- Votre budget. Il arrive assez souvent que la solution idéale pour le transport audio dépasse votre budget. Dans ce cas, un compromis peut se révéler nécessaire.

3 Choix du matériel

Un réseau IP classique n'est pas juste constitué de liaisons pour le transfert audio. Une approche professionnelle du transport audio sur IP exige non seulement une maîtrise du réseau, mais aussi un ensemble d'outils matériels et logiciels qui vous permettront de contrôler, de superviser et d'utiliser la transmission audio mise en paquets.

Ces outils permettent la surveillance du réseau et du matériel, mais aussi la mise en œuvre de mesures correctives, de la redondance du matériel et de mesures d'atténuation des anomalies. Le cas échéant, le diffuseur doit rechercher à la source une solution intégrée fournissant tous ces services en un seul produit, en particulier le codec audio.

Cette solution intégrée permet à l'administrateur de gérer l'audio ET les services de données de manière centralisée au moyen d'un logiciel de contrôle unifié ou sur un niveau supérieur par SNMP. Lors de la comparaison du matériel disponible, les facteurs à prendre en considération sont, entre autres :

a Philosophie de conception

La philosophie de conception qui sous-tend les produits est un facteur essentiel qu'il faut prendre en considération lors de l'acquisition de matériel destiné à être utilisé dans un environnement de diffusion professionnel. Il existe deux approches principales : le développement de produits basés sur une plateforme DSP ou basés sur une architecture PC.

L'architecture PC utilise des cartes mères standard, qui sont des plateformes génériques économiques qui ne sont pas conçues pour être utilisées 24 heures sur 24, 7 jours sur 7, ni avec de l'audio. L'instabilité et les fuites de mémoire dans le cœur opérationnel peuvent amener le système à ne plus répondre, une tendance habituelle des PC.

Quant aux systèmes basés sur une plateforme DSP, ils sont conçus dès le début pour obtenir une transmission audio et une intégrité du signal de haute qualité. Ils offrent généralement un fonctionnement plus rapide au démarrage, une bien meilleure stabilité et une profondeur de bits (résolution) largement supérieure en utilisation.

En conclusion, si les particuliers peuvent se satisfaire d'un PC qu'ils peuvent redémarrer en cas de besoin, les architectures basées sur un PC ne conviennent pas du tout aux applications de diffusion professionnelles et doivent être évitées pour les applications « toujours actives » gourmandes en ressources processeur.

b Redondance

Pour les applications critiques de liaisons LSE, la redondance du matériel est cruciale pour garantir le fonctionnement en cas de panne du réseau ou du matériel. Les diffuseurs doivent prendre en considération l'importance de chaque liaison et du matériel d'émission fournissant les options nécessaires de sécurité. Les modules audio remplaçables à chaud, les alimentations redondantes et les fonctionnalités de

sauvegarde automatique font partie des options à envisager.

Pour garantir une fiabilité encore meilleure, les codecs doivent prendre en charge la technologie de streaming redondant, comme la technologie APT SureStream, qui offre une « redondance toujours active ».



SureStream repose sur le principe qu'il n'y a pas de liaison principale ni de liaison de secours, mais que chaque connexion contribue au flux. Autrement dit, il n'y a aucun problème ni délai lors du passage à la liaison de secours, le service reste fluide quelles que soient les conditions sur les liaisons redondantes.

c Configurabilité et qualité de service

Comme indiqué depuis le début de ce guide, de nombreuses variables entrent en ligne de compte dans la mise en réseau sur IP. Il est donc essentiel que le codec audio choisi offre au diffuseur une souplesse et un contrôle maximum afin qu'il puisse gérer les anomalies sur son réseau IP et obtenir les meilleures performances audio possibles à partir de la bande passante disponible.

Cela passe par la configuration des paramètres audio, le contrôle de la taille des paquets, la possibilité de mettre l'audio en tampon afin de compenser les fluctuations, et la possibilité de définir la qualité de service au point de transmission. Le codec doit également offrir la souplesse maximale en

ce qui concerne la configuration du réseau, afin que le diffuseur puisse facilement mettre en œuvre des applications de mono-diffusion, monodiffusion multiple ou multi-diffusion.

d Algorithmes audio

Une fois que votre réseau IP est prêt pour le transport audio, l'étape suivante consiste à choisir la meilleure méthode pour envoyer l'audio sur la liaison. Les restrictions au niveau de la bande passante disponible peuvent exclure l'audio linéaire/MIC, et une certaine forme de compression est généralement requise. Il existe deux types principaux de techniques de compression : MICDA et les algorithmes de perception.

Les algorithmes de perception (p. ex., MPEG L2, MPEG L3 (MP3), AAC et leurs nombreux dérivés) utilisent des principes basés sur la psychoacoustique pour analyser le contenu audio et déterminer ce qui est perceptible par l'oreille humaine. Ces algorithmes, qui suppriment l'ensemble du contenu non perceptible, sont donc, par définition, « avec perte ». L'utilisation de plusieurs passages d'un codage de perception (par exemple, pour une chaîne de diffusion d'une radio HD ou une diffusion audio numérique) donnera lieu à un contenu lourd avec des artéfacts. Finalement, cela provoquera une « fatigue d'écoute », rapidement suivie par la syntonisation d'une station offrant une meilleure qualité audio.

En outre, le codage de perception introduit un délai de transmission audio, qui est généralement inacceptable pour les applications audio en temps réel. En partant du principe que le flux de transport IP et la mise en paquets vont naturellement introduire un délai minimum de 20 millisecondes, il est impératif de minimiser le temps de latence de l'algorithme de compression employé. En substance, l'utilisation d'un codage de perception, même avec un faible délai, rendre la solution inutilisable quel que soit le niveau de diffusion en temps réel, comme avec les communications bilatérales et la surveillance hors antenne.

Les algorithmes MICDA constituent une alternative attrayante compte tenu de leur approche plus douce et non destructive vis-à-vis du codage. La technologie Enhanced apt-X®, basée sur la modulation par impulsions et codage différentiel adaptatif (MICDA), offre une acoustique exceptionnelle et un délai extrêmement faible, ce qui la rend particulièrement adaptée aux applications audio sur IP. Enhanced apt-X® surmonte les problèmes associés à de nombreux passages psychoacoustiques d'audio dans la chaîne de diffusion grâce à sa résistance extrême au codage en tandem, qui lui permet de conserver une intégrité acoustique jusqu'à 10 cycles de codage-décodage, voire plus.



Outre ses caractéristiques de faible temps de latence et de performances audio bien documentées, Enhanced apt-X® inclut également la technologie AutoSync™, une structure de mots intégrée qui facilite la connexion et la synchronisation, et complète la nature de mise en paquets des protocoles UDP/IP. En tant qu'algorithme non basé sur les trames, Enhanced apt-X® accepte des paquets plus petits (jusqu'à 64 octets), ce qui diminue le délai et permet une synchronisation plus rapide.

La possibilité de démarrer la synchronisation à la réception de l'échantillon valide suivant et d'obtenir une synchronisation complète en 3 ms à $F_s = 48$ kHz garantit une récupération rapide des paquets perdus, et rend les interruptions moins perceptibles.

e Gestion et surveillance

Dans le domaine de la mise en réseau audio sur IP, compte tenu du grand nombre de variables et des conditions variables en permanence du réseau, il est crucial que les diffuseurs aient accès à des capacités complètes

de contrôle et de surveillance. Ces dernières sont disponibles via le panneau de commande avant, le protocole SNMP ou un logiciel de système de gestion dédié.

Quelle que soit l'option choisie, l'utilisateur doit veiller à disposer des capacités suivantes :

- État en un coup d'œil de tous les codecs du réseau.
- Configuration flexible des paramètres audio : algorithme, taux d'échantillonnage, débit de données, mode, etc.
- Possibilité de définir des profils audio pour une configuration simple et rapide.
- Configuration flexible de la liaison de transport. Pour l'IP, cela implique la configuration de la taille des paquets, du tampon de fluctuation, des routes IP de monodiffusion et multidiffusion, et des liaisons de secours.
- Surveillance des performances, fournissant des statistiques sur les paquets transmis et reçus, le nombre d'erreurs, les erreurs de séquence, etc.
- Possibilité de définir des conditions d'alarme critique, majeure et mineure relatives aux problèmes tels que la détection d'un silence, la perte de connexion, la perte de synchronisation et le dépassement des tampons de fluctuation.
- Possibilité de définir des conditions déclenchées sur alarmes, comme le basculement sur la liaison de secours automatique, le retour sur la liaison principale après n secondes de flux audio stable, etc.
- Journaux d'alarmes et d'événements pour permettre l'analyse des erreurs récurrentes et la réalisation de diagnostics réseau précis.
- Contrôles de mise à jour à distance des logiciels.



L'écran d'état de l'interface du codec IP APT montre la configuration audio et l'état de connexion actuel.

f Intelligence distribuée

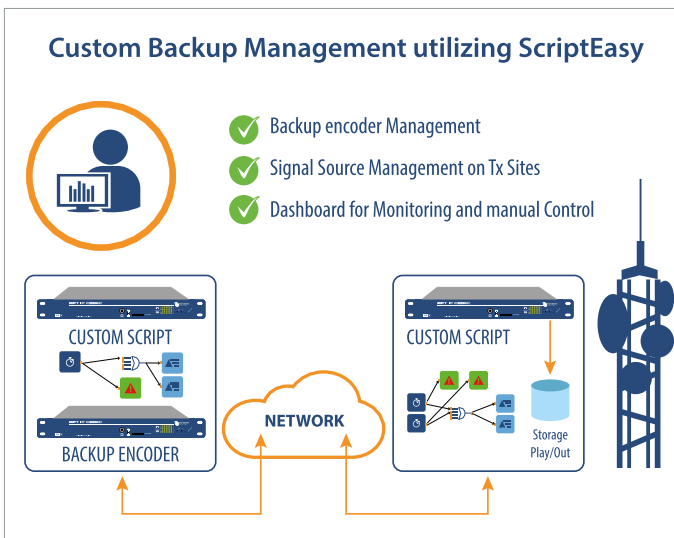
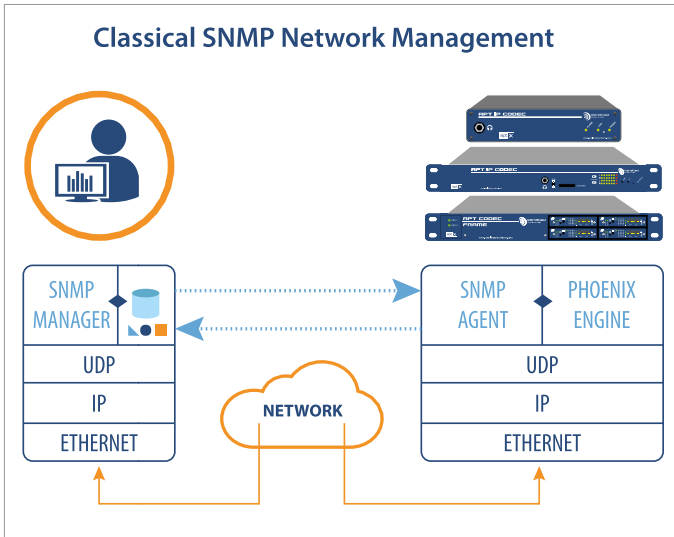
Outre les fonctionnalités de surveillance de base énumérées précédemment, les codecs APT offrent une solution sophistiquée qui apporte un degré d'intelligence encore plus grand à votre réseau. S'appuyant sur ScriptEasy, l'application de script intelligente de notre partenaire Audemat, les codecs APT vous permettent de personnaliser leur comportement ainsi que celui des composants annexes, de manière non seulement à vous alerter des éventuels problèmes, mais aussi, en cas d'événement déclencheur, à ce que le système exécute automatiquement l'action requise pour remédier à la situation.

Dans de nombreux cas, votre plan de secours sera en place et en cours d'exécution avant même que vous ne vous soyez aperçu de la présence d'une anomalie ! ScriptEasy peut aussi fournir une surveillance accrue en compilant les données reçues par SNMP avec les contrôles des E/S classiques et des données récapitulatives en une vue de tableau de bord conviviale.

Ce tableau de bord fournit sous forme graphique les états de nombreux paramètres de plusieurs unités sur votre réseau.

ScriptEasy vous permet, entre autres, de réaliser les opérations suivantes :

- Créer et gérer de nombreux scénarios de secours individuels ;
- Utiliser le système GPI/GPO pour reconfigurer à la volée l'unité locale et/ou distante ;
- Obtenir une confirmation des actions déclenchées SNMP ou GPI/GPO ;
- Définir votre séquence logique souhaitée de conditions d'alarme qui déclencheront une action ou créeront une alerte ;
- Configurer un système de communication SNMP complet ;
- Visualiser l'état actuel de nombreux périphériques distants ;



9. Solutions de codecs IP APT

APT IP Silver



Le codeur APT IP Silver et le décodeur APT IP Silver se combinent pour permettre la fourniture professionnelle et abordable de contenus audio sur des réseaux IP.

Économiques mais riches en fonctions, ces unités sont parfaites non seulement pour les applications de diffusion standard, comme les liaisons LSE et la surveillance de confiance, mais aussi pour la distribution audio sur IP commerciale dans les établissements de vente au détail ou d'accueil, les hôpitaux, les campus et de nombreuses autres applications.

- Codeur et décodeur économiques séparés
- Connexions XLR professionnelles
- Unité compacte 1/2 x 1U
- Algorithmes standard, incluent les algorithmes professionnels Enhanced apt-X, MIC linéaire et MPEG 2/4 HE-AAC v1/2
- Technologie APT SureStream, pour des liaisons audio sur IP publique fluides et de qualité « diffusion » (voir page 69 pour plus d'informations)
- Contrôle intuitif par navigateur Web
- Contrôle intelligent avec ScriptEasy

Codec IP APT



Idéal pour les liaisons LSE et les applications critiques, le codec IP APT offre l'ensemble de fonctions IP le plus complet jamais

inclus dans la gamme APT, et est doté de la technologie « SureStream » révolutionnaire et du script ScriptEasy intelligent.

- Codec audio IP stéréo duplex professionnel
- Prise en charge de la monodiffusion, de la monodiffusion multiple et de la multidiffusion
- Deux ports IP configurables pour des fonctions de sauvegarde
- Architecture reposant sur une plateforme DSP pour une fiabilité permanente 24/7/365
- Alimentations redondantes
- Large éventail d'algorithmes : Algorithmes Enhanced apt-X, MIC linéaire, MPEG 1/2 couche II, MPEG 4 AAC LC/LD/ELD et MPEG 2/4 HE-AAC v1/2
- extrêmement intuitif
- Serveur Web intégré pour un contrôle de n'importe quel endroit
- Données auxiliaires intégrées pour la transmission de RBDS / RDS ou PAD
- Jusqu'à 4 entrées optocouplées et 4 sorties de relais
- Prise en charge de la journalisation SNMP, des alarmes et des événements
- Contrôle intelligent avec ScriptEasy
- Technologie SureStream pour une fiabilité et un audio de qualité « diffusion » sur des liaisons sur l'Internet ouvert

Trame multicanal audio sur IP APT

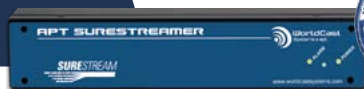


Le codec multicanal APT (anciennement connu sous le nom de WorldNet Oslo) est une plateforme favorite parmi les radiodiffuseurs pour le transport de multiples canaux d'audio, de données et de voix sur des réseaux IP ou E1/T1. Grâce à son approche modulaire et monoplateforme, à de multiples couches de redondance et à une évolutivité et une souplesse exceptionnelles, c'est la solution parfaite pour les liaisons LSE et LES, les émissions extérieures, les liaisons audio et les liaisons studio.

Le codec audio sur IP multicanal APT peut prendre en charge jusqu'à 16 canaux d'audio en occupant une seule unité en rack, et encore plus de flux IP si vous utilisez la technologie de multidiffusion ou de monodiffusion multiple. Le châssis 1U APT peut recevoir jusqu'à 4 modules audio sur IP, équivalents chacun à un codec duplex stéréo autonome combinant l'audio, le transport IP double et les données auxiliaires embarquées. Le châssis 3U peut recevoir jusqu'à 8 modules audio sur IP.

- Système souple et évolutif
- Transport de jusqu'à 2 canaux audio stéréo par module
- Transmission de jusqu'à 24 flux audio sur IP par module
- Quatre domaines d'horloge indépendants par module
- Algorithmes Enhanced apt-X ou audio linéaire pur à faible délai, plus d'autres options de codage
- Basé sur la plateforme DSP pour un fonctionnement 24 heures sur 24, 7 jours sur 7, 365 jours par an
- Alimentations redondantes
- Modules remplaçables à chaud
- Interface utilisateur Web intégrée accessible depuis un navigateur Web ou un logiciel de gestion de réseau (NMS)
- Données auxiliaires et GPI/GPO
- Offre un éventail complet de formats audio : simplex, duplex AES/EBU, AES/EBU avec secours analogique, analogique avec impédance max./min. ou de 600 Ω
- Fonctionnement point à point et point à multipoint
- Prend en charge divers protocoles, notamment : UDP RTP/RTCP, SIP/STUN#, SAP#, DHCP, DDNS, NTP, IGMP, ICMP, balisage VLAN#, SNMP, UPnP
- Technologie SureStream maintes fois récompensée

APT SureStreamer



Pour les diffuseurs qui souhaitent tirer parti des économies de coûts et de la fiabilité offertes par SureStream, mais qui ne veulent pas investir dans un nouveau codec matériel, l'APT SureStreamer est la solution idéale. Il complète les codecs audio sur IP à un seul port en permettant l'utilisation de connexions IP relativement abordables afin de transmettre de l'audio de qualité « diffusion » sans interruptions ni problèmes divers. Il garantit la transmission d'un flux audio fluide, même

quand l'une des liaisons participantes souffre une perte totale de connexion. Que vous utilisiez deux connexions Internet filaires ou une connexion filaire et une autre sans fil (p. ex., DSL plus 3G/4G), l'APT SureStreamer garantit la réception d'un flux reconstruit, parfaitement fluide, avec la fiabilité et la qualité audio équivalentes à celles d'une liaison E1/T1 en utilisant des connexions abordables à l'Internet public.

10. Technologie SureStream

SureStream en bref

Tout au long de ce guide, l'accent est mis sur les avantages obtenus en migrant sur des réseaux IP, mais il faut également prendre conscience des nombreux défis que cette migration implique pour les diffuseurs. Vous ne pouvez pas simplement abandonner votre liaison T1 et la remplacer demain par une liaison DSL. Il est nécessaire de trouver un moyen habile d'exploiter les avantages de l'IP en termes de coûts sans souffrir de ses inconvénients.

La technologie APT SureStream est une méthode innovante qui a reçu de nombreuses récompenses et qui permet aux diffuseurs partout dans le monde de transporter leur contenu audio de diffusion sur des réseaux IP publics.

SureStream offre les avantages suivants :

a Économies d'argent :

En remplaçant vos liaisons IP synchrones ou gérées par l'Internet public, vous pouvez économiser jusqu'à 90 % du coût de vos factures de transport audio, et générer un retour sur investissement en moins de 6 mois !

b Haute qualité audio :

La qualité audio de votre station ne doit pas être sacrifiée au nom des économies réalisées. SureStream vous permet de maintenir une qualité audio élevée constante sans interruptions ni fluctuation.

c Délais cohérents

Pour la transmission audio professionnelle, il n'est pas acceptable que le délai du signal varie ou dérive. La capacité à maintenir le délai à un niveau bas constant est particulièrement utile pour les émissions extérieures et l'insertion de contenu local.

d Relax !

SureStream vous offre le même niveau de disponibilité et de fiabilité qu'un service télécom « cinq neuf », à savoir 99,999 %. Vous êtes protégé non seulement contre les interruptions et les problèmes divers, mais aussi contre une perte complète de connexion ! Avec SureStream, Internet constitue finalement une alternative viable aux réseaux synchrones existants comme les liaisons T1, E1 et RNIS, sans aucun compromis sur le son de votre station.



SURESTREAM

En avez-vous déjà entendu parler ?

Cela peut vous sembler familier, mais d'autres fabricants clament leur capacité à offrir le même type de solution. La technologie SureStream repose cependant sur une approche totalement unique qui résout TOUS les problèmes de la mise en réseau sur IP, et pas seulement une partie. Examinons les méthodes suivantes proposées par certains fabricants :



1 Dimensionnement de la bande passante

Pour certains fabricants, garantir la continuité du service est l'objectif principal, et cela passe pas l'emploi de méthodes qui réduisent la qualité de l'audio ou règlent le délai selon la disponibilité de la bande passante ou les performances de la liaison. Cette méthode garantit la transmission, mais au détriment de la qualité audio et d'un délai constant. Ce n'est pas la philosophie de la technologie SureStream !



Dimensionnement de la bande passante

Au détriment d'une qualité audio constante

2 Basculement de la liaison

Une autre méthode consiste à basculer la liaison : un codec surveille deux liaisons indépendantes et bascule automatiquement sur celle qui offre la meilleure qualité. Cette méthode part toutefois du principe que les performances passées d'une liaison sont un indicateur convenable des performances futures, et rend la liaison vulnérable à une perte de connexion à n'importe quel point de la transmission. Ce n'est pas la philosophie de la technologie SureStream !



Basculement de la liaison

Rend la liaison vulnérable aux pertes de connexion

3 Temps de latence variable

Parfois dénommé tampon élastique, le temps de latence variable cause des problèmes lors des émissions extérieures, car il affecte les communications bilatérales naturelles avec le studio. Il rend également difficile la synchronisation de l'insertion de contenu local pour les liaisons studio-émetteur et les liaisons de distribution audio. Ce n'est pas non plus la philosophie de la technologie SureStream !



Temps de latence variable

Problèmes d'irrégularités avec les communications bilatérales et l'insertion de contenu

La technologie SureStream est unique sur le marché, et contrairement aux méthodes indiquées, elle ne sacrifie aucun aspect.

Elle offre :

- Un streaming fiable et sans interruption
- Un temps de latence faible et constant
- Une qualité audio élevée et homogène

Et tout ceci en utilisant des liaisons IP standard. Et pas seulement des liaisons ADSL standard, mais aussi des liaisons 3G et 4G, sans fil, LAN, WAN et Wi-Fi.

Comment fonctionne la technologie SureStream ?

Tout d'abord, SureStream tire parti du comportement naturel des paquets IP. La route d'un paquet IP est imprévisible et dépend des routeurs et des commutateurs qu'il traverse. Par conséquent, si l'on envoie deux flux de la même source à la même destination, ces flux voyageront en suivant différents itinéraires, ce qui augmentera la fiabilité et l'intégrité du système.

L'envoi de flux dupliqués est un bon point de départ, mais ce n'est pas suffisant pour atteindre la perfection visée ! Côté codeur, SureStream emploie un certain nombre de techniques propriétaires qui optimisent la transmission de tous les flux sur le réseau.

Par conséquent, c'est côté réception que SureStream montre tout son potentiel ! À partir des multiples flux reçus, le moteur de reséquencement avancé d'APT produit un flux reconstruit parfaitement fluide.

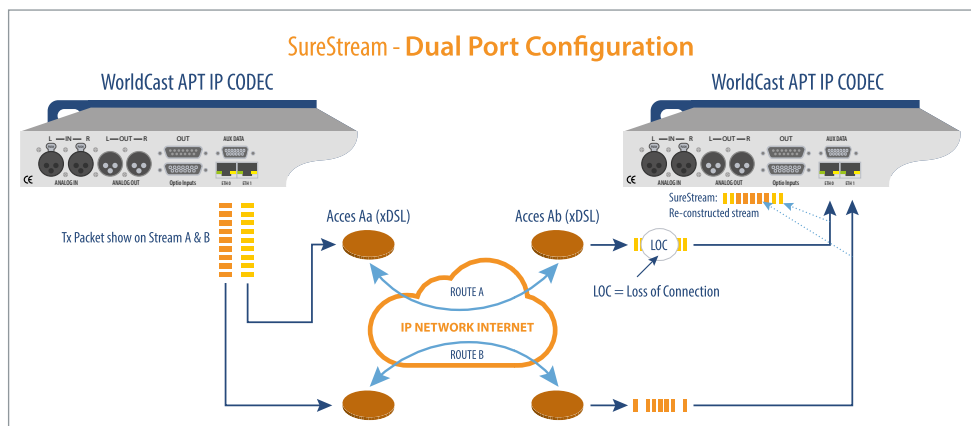
Résultat : un flux audio parfait malgré un réseau imparfait !

En outre, SureStream vous permet de configurer un niveau de mise en tampon pour compenser les éventuelles fluctuations. Une fois réglé, ce délai est constant, et permet une lecture homogène.

Où peut-on l'utiliser ?

SureStream fonctionne bien sur une seule liaison IP pour les émissions extérieures ou les reportages improvisés, mais pour les liaisons critiques en studio et la contribution ou la distribution audio, il est recommandé d'utiliser deux liaisons provenant de fournisseurs différents afin de garantir des performances optimales rivalisant avec la disponibilité de 99,999 % des services offerts par les compagnies de télécom.

Avec deux liaisons séparées, vous êtes totalement protégé, non seulement contre les conditions du réseau, mais aussi contre toute perte de connexion.



Le choix n° 1 des diffuseurs pour l'audio sur l'Internet public



La technologie SureStream vous donne la fiabilité et la qualité audio d'une liaison T1 tout en utilisant des liaisons Internet abordables. Des centaines de liaisons SureStream sont désormais actives sur les réseaux de diffuseurs aux États-Unis et partout dans le monde.

Pour plus d'informations sur la technologie SureStream, visitez dès maintenant le site www.surestream.ws !

« Nous n'avons pas eu un seul paquet audio perdu ni une seule fermeture GPIO depuis que nous avons pris l'antenne il y a plus de 10 mois, alors que nos liaisons réseau coûtent deux fois moins cher qu'une liaison T1 point à point. »

Andrew Stern

Cumulus San Francisco



« Nous n'avons constaté aucune interruption audio due à des relais défaillants, aucun pépin ou autres anomalies, le décodeur SureStream fait des miracles ! »

Larry Holtz,

All Classical Radio, Oregon

All Classical

« La technologie SureStream rend possible quelque chose qui était traditionnellement censé être impossible : avoir une liaison audio en temps réel de haute qualité sur l'Internet ouvert. »

Dan Houg, KQXE/

Northern CommunityRadio



contact@worldcastsystems.com
Tél. international : +33 5 57 928 928
Tél. en Amérique du Nord : +1 305 249 3110
www.worldcastsystems.com

Résumé

Que de chemin parcouru au cours des 13 dernières années de développement de codecs audio sur IP. On peut désormais conclure que l'utilisation de la technologie IP pour la diffusion n'est plus une nouveauté, ni considérée comme un risque ! Les avantages, de l'évolutivité aux économies de coûts, sont bien connus et acceptés par la plupart des acteurs du secteur.

Les applications concernées par la technologie des codecs IP sont sans limites, et vont de la contribution et de la distribution audio aux liaisons LSE. Tous les aspects sont donc couverts ! Si vous tenez compte de la gamme d'applications, du choix de types de réseau ainsi que des vitesses croissantes et de la disponibilité de toutes les sortes de connectivité, vous comprendrez pourquoi l'ingénieur travaillant dans le secteur de la radiodiffusion n'a jamais eu autant de choix pour transmettre l'audio d'un point A à un point B et d'un point A à un point B à un point Z.

Toutefois, comme nous l'avons souligné, il reste encore des défis à relever. Vous pouvez exclure ces défis en consultant un partenaire-conseil en codecs audio pour vous guider si vous n'avez pas d'expérience et qui peut rechercher les solutions à même d'adapter et de protéger directement l'audio contre la nature « non réglementée » de nombreuses liaisons. Envisagez de mettre en place un planning de prédéploiement et reportez-vous à notre liste de points à prendre en considération dans cette section, qui vous aidera à vous y retrouver parmi toutes les options disponibles en nombre croissant.

Nous espérons finalement que vous avez trouvé ces notions audio, qui ont été largement étendues, utiles et instructives. Comme nous l'avons indiqué initialement, la philosophie qui sous-tend ce guide est d'informer le professionnel de la diffusion d'un point de vue élargi.

Il vise à informer non seulement l'ingénieur qui doit encore déployer un codec audio sur IP, mais aussi ceux qui utilisent des environnements de type AES67 et qui ont fait migrer tous leurs codecs vers la technologie IP depuis longtemps. Conservez ce guide à titre de référence et n'hésitez pas à contacter WorldCast Systems pour nous faire part de vos projets ou des déploiements que vous souhaitez mettre en œuvre. Nous serions ravis de vous aider !

L'équipe de WorldCast Systems



Kevin Campbell

Directeur des ventes APT pour l'Asie-Pacifique et le continent américain

Kevin Campbell a accumulé 15 ans d'expérience dans le domaine des télécommunications et de la diffusion. Campbell a commencé en tant qu'ingénieur de gestion de réseau de type SDH, ATM et IP, avant de s'essayer à la diffusion il y a 12 ans en devenant responsable de l'assistance clientèle pour les codecs APT WorldCast Systems. Ces 11 dernières années, Campbell a tenu de nombreux rôles commerciaux chez APT WorldCast Systems, notamment Directeur des ventes Europe, Vice-Président des opérations en Amérique du Nord, et Directeur des ventes APT pour l'Asie-Pacifique et le continent américain, son poste actuel. Durant cette période, il a accumulé une expérience considérable des projets de distribution reposant sur l'audio sur

IP et les codecs partout dans le monde. Il a dernièrement été en charge de la livraison de l'un des plus gros projets de codecs IP pour NHK Japan, pour un montant de 750 k€, qui consistait à surveiller l'important réseau stratégique d'émetteurs AM, ainsi que d'un projet de 500 k€ aux États-Unis pour le principal magasin de musique du pays.

Campbell a présenté de nombreux articles sur le codage audio et les technologies IP dans le cadre de conférences internationales, notamment NAB, NAB Radio, AES USA et AES Europe. Campbell est diplômé de l'université de Strathclyde, Glasgow et diplômé de troisième cycle de l'université d'Ulster, Belfast.

Kevin Campbell

campbell@worldcastsystems.com



Hartmut Foerster

Chef de produit

Hartmut Foerster est associé à APT WorldCast Systems depuis 1992, lorsqu'il fut nommé premier Maître-distributeur de codecs audio par la société en Allemagne et en Autriche. Il est l'un des pionniers du concept de codec audio en tant qu'appareil de transmission de contenus audio professionnels et de diffusion sur des liaisons de télécommunication et sur de longues distances via des liaisons RNIS et X.21. Il a également défendu l'algorithme Enhanced apt-X sur le terrain du MPEG, en faisant du codec un standard de fait dans des parties

significatives d'ARD Group et de l'Union européenne de radio-télévision (UER). Depuis qu'il a rejoint la société en 2004, il a réorganisé la gamme de codecs APT en commençant par le très efficace codec Oslo Multichannel, et en poursuivant à l'heure actuelle avec les solutions leaders de codec audio sur IP NextGen et la réputée technologie SureStream. Foerster contribue régulièrement au forum de l'UER sur le standard N/ACIP, en travaillant sur l'interopérabilité et les standards des codecs.

Hartmut Foerster

foerster@worldcastsystems.com



Tony Peterle

Manager WorldCast Systems Inc

Cela fait maintenant un demi-siècle que Tony Peterle travaille dans le domaine de la diffusion en tant que talent à l'antenne et ingénieur chef expérimenté. Tony a travaillé sur les marchés du Moyen-Orient, d'Hawaï et du Nord-Ouest Pacifique avant de rejoindre Worldcast Systems en 2005. Initialement chargé de l'assistance de nos clients américains, Tony est actuellement Responsable Assistance technique chez Worldcast Systems, Inc. Dans le cadre de ses fonctions, il est parfois sollicité pour aider les clients du monde entier pour toutes les questions qui ont trait au préachat, à l'installation et à l'assistance, et ce, pour toutes nos gammes de produits.

Tony a collaboré au déploiement de nombreux réseaux de surveillance et de contrôle, pour des montants

ayant plusieurs fois atteint 500 k\$, ainsi qu'au déploiement d'un réseau de codecs audio sur IP pour un important fournisseur de musique en magasin, ce projet ayant jusqu'ici dépassé les 750 k\$. Tony a présenté des articles techniques dans le cadre de nombreuses réunions régionales et conférences éducatives « Ennes » de la SBE (Society of Broadcast Engineers), et a participé à l'élaboration d'une formation sur l'utilisation du protocole SNMP dans les systèmes de surveillance et de contrôle pour l'université SBE.

Tony a également eu l'honneur de présenter des articles techniques à l'université de Columbia, aux NAB Broadcast Technical Conferences, dans de nombreux pays d'Amérique latine, et en 2014 à la Broadcast Technology Society de l'IEEE.

Tony Peterle

peterle@worldcastsystems.com



WorldCast Systems

20, av. Neil Armstrong
33700 Mérignac
Bordeaux-Métropole
France

☎ +33 557 928 928

✉ contact@worldcastsystems.com

Bureau au Royaume-Uni

Whiterock Business Park
729 Springfield Road
Belfast, BT12 7FP
Royaume-Uni

☎ +44 28 90 677 200

✉ info@aptcodecs.com

WorldCast Systems Inc

19595 NE 10th Avenue Suite A
Miami, FL 33179
ÉTATS-UNIS

☎ +1 305 249 3110

✉ ussales@worldcastsystems.com



10,00 €

www.worldcastsystems.com