

L'OPTIMISATION DE GESTION DE LA BANDE PASSANTE DANS UNE PROJECTION: CAS DE LA VIDEOSURVEILLANCE

[OPTIMISATION OF BANDWIDTH MANAGEMENT IN A PROJECTION: CASE OF A VIDEO SURVEILLANCE]

Germain FOMULAC MISIRAGENDA

Licencié en Informatique, Assistant au département de Mathématique, Institut Supérieur Pédagogique d'Idjwi, RD Congo

Copyright © 2016 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: In this reflexion, we want to manage the transmission channels of images (increase, multiply, limit or decrease the access path or transmission), describe possible methods of transmission and access to the image in order to have an idea about the amount of frames to send per second to maximize the information of highway during a projection in a video surveillance; especially when several stations negotiate live image at the same time. We tempted to outline the procedure of optimization of bandwidth. Multicast, multiple streams and video compression are three innovative methods that we have offered to users in order to optimize bandwidth management in the application of video surveillance. With software of video management of his choice, the user can maximize the function of his camera installations, to further profit a reduction of bandwidth requirements.

KEYWORDS: Optimisation, bandwidth, projection, vidéosurveillance.

RESUME: Dans cette réflexion, nous voulons gérer les canaux de transmission d'images (augmenter, multiplier, limiter ou diminuer le chemin d'accès ou de transmission), décrire les méthodes possibles de transmission et d'accès à l'image afin d'avoir l'idée sur la quantité de trames à envoyer par seconde pour maximiser l'autoroute de l'information lors d'une projection en vidéosurveillance ; surtout lorsque plusieurs stations sollicitent l'image en direct et au même moment. Nous avons tenté de schématiser la procédure d'optimisation de la bande passante. La multidiffusion, les flux multiples et la compression vidéo sont trois méthodes novatrices que nous avons offertes aux utilisateurs pour optimiser la gestion de la bande passante dans les applications de vidéosurveillance. Avec un logiciel de gestion vidéo de son choix, l'utilisateur peut ainsi maximiser les fonctions de ses installations caméra, pour profiter d'avantages une réduction des exigences de bande passante.

MOTS-CLEFS: Optimisation, Bande passante, projection, Vidéosurveillance.

1 INTRODUCTION

Considérant le poids d'images qui sont transmises en ligne par seconde dans le monde de télécommunication, nous avons été curieux de savoir s'il n'y aurait pas un moyen d'optimiser le chemin de transmission de ces images pour le gain de l'opérateur (émetteur et le récepteur). C'est ainsi que nous voulons expérimenter la technologie de la vidéosurveillance IP, de par son importance de gérer efficacement la manière dont les flux vidéo sont transmis sur le réseau afin de ne pas surcharger la bande passante disponible. Même si les infrastructures technologiques informatiques sont conçues pour traiter

tous les types de données, les applications qui génèrent le trafic sur le réseau IP doivent être adéquates à l'utilisation efficace des ressources réseau en place¹.

À cette fin, nous voulons schématiser, certains mécanismes et fonctions utilisés comme mode de transmission d'images en vidéosurveillance IP pour permettre l'optimisation de la bande passante et des ressources réseau. Au cours de cette recherche, nous allons illustrés trois méthodes de transmissions qui sont :

- La méthode de Multidiffusion
- La méthode de Gestion de flux multiples
- La méthode de Compression vidéo

En fin nous allons laisser une libre expérimentation aux utilisateurs pour se choisir chacun la méthode la plus adaptée à son travail.

Partant de nos observations dans nos milieux de vie, nous avons constaté que nombreux utilisateurs et administrateur réseau envoient les images en ligne sans n'en savoir aucune stratégie sur l'optimisation du chemin de transmission. A cela il y a lieu de se poser la question suivante : Est-il raisonnable de négliger l'optimisation de la bande passante même si la capacité et la vitesse des réseaux s'avèrent considérables ?

Au regard des utilisateurs qui émettent les images sans en connaître les méthodes de gestion de transit, il y a lieu d'émettre l'hypothèse selon laquelle, même si la capacité et la vitesse des réseaux augmenteraient constamment et que les coûts connexes diminueraient, ce n'est pas une raison suffisante pour que les utilisateurs ignorent les investissements et efforts supplémentaires nécessaires pour optimiser la gestion de la bande passante.

Si la quantité de données passant par le réseau augmente toujours, les investissements en optimisation de la bande passante peuvent contribuer à une réduction du coût global, surtout par rapport aux gains d'efficacité et aux ressources maximisées. Par exemple, en vidéosurveillance, plusieurs utilisateurs finaux demandent des caméras avec une meilleure résolution et qualité d'image, optant souvent pour des caméras haute définition et à mégapixels. Ces types de caméra exigent beaucoup plus de bande passante que les caméras à définition standard².

En outre, des nombreuses personnes à l'intérieur comme à l'extérieur d'une organisation demandent à avoir accès à des flux vidéo connectés au réseau. Si une grande quantité d'utilisateurs tentent d'accéder à un flux vidéo spécifique simultanément, l'utilisation efficace des ressources réseau peut être nécessaire pour éviter la surcharge de la capacité et le plantage de tout le réseau.

L'objectif poursuivi dans cette recherche, est de déterminer les méthodes auxquelles l'utilisateur doit s'appuyer pour optimiser sa bande passante dans la transmission des images en ligne. Il est aussi question de démontrer que l'optimisation de la bande passante sur le réseau n'est pas nécessairement associée à d'importantes dépenses en capital; il s'agit surtout de mettre les bonnes méthodes en place et de tirer profit des capacités puissantes et uniques de ces méthodes, à partir des façons simples d'optimiser la gestion de la bande passante en vidéosurveillance IP.

A travers cette recherche, nous estimons faire comprendre aux utilisateurs, les processus normal de l'optimisation d'une bande passante, dès la phase de transmission jusqu'à la réception des trames. En plus, ce travail fournis des schémas pratiques de la bonne optimisation de la bande passante en vidéosurveillance IP.

2 APPROCHE METHODOLOGIQUE

2.1 METHODES DE TRANSMISSION DE FLUX VIDEO COURANTES

Ces méthodes nous aideront à développer trois manières théoriques de transmettre des flux vidéo sur un réseau depuis la source jusqu'à la destination. Il s'agit notamment **de la méthode de la diffusion, la diffusion unique et la multidiffusion.**

¹ <http://www.axis.com>. H.264

² http://en.wikipedia.org/wiki/IGMP_snooping

2.1.1 MÉTHODE DE DIFFUSION

La méthode de diffusion est définie comme une communication d'une source unique vers l'ensemble des destinations (CISCO ; IP multicast, 2002). En vidéosurveillance IP, la source est généralement **la caméra IP** et la destination représente **la station de surveillance du serveur d'enregistrement**. Dans cette situation, la diffusion signifie que la caméra IP transmet le flux vidéo à toutes les stations de surveillance et à tous les serveurs d'enregistrement, mais aussi à tous les dispositifs IP du réseau, même si seulement quelques destinations spécifiques ont demandé le flux. De manière générale, cette méthode de transmission n'est pas très utilisée dans les applications de vidéosurveillance, mais elle est assez courante dans l'industrie de la télédiffusion où les signaux de télévision sont commutés au niveau des destinations (<http://www.sourcesecurity.com>).

2.1.2 MÉTHODE DE DIFFUSION UNIQUE

La diffusion unique est définie comme communication d'une source unique vers une destination unique. Les transmissions à diffusion unique exigent une connexion directe entre la source et la destination. Dans ce cas, la caméra IP/source doit pouvoir accepter beaucoup de connexions simultanées lorsqu'un grand nombre de destinations veulent voir ou enregistrer la même vidéo en même temps. En termes de flux vidéo dans une transmission à diffusion unique, la caméra IP enverra autant de copies de la diffusion vidéo demandées par les destinations (GENETEC 2010). Dans le schéma 1 ci-dessous, trois copies du même flux vidéo sont envoyées sur le réseau; une copie pour chacune des trois (stations) destinations demandant le flux. Si chaque flux vidéo est de 4 Mbit/s, cette transmission produira 12 Mbit/s (3 x 4 Mbit/s) de données sur plusieurs segments de réseau.

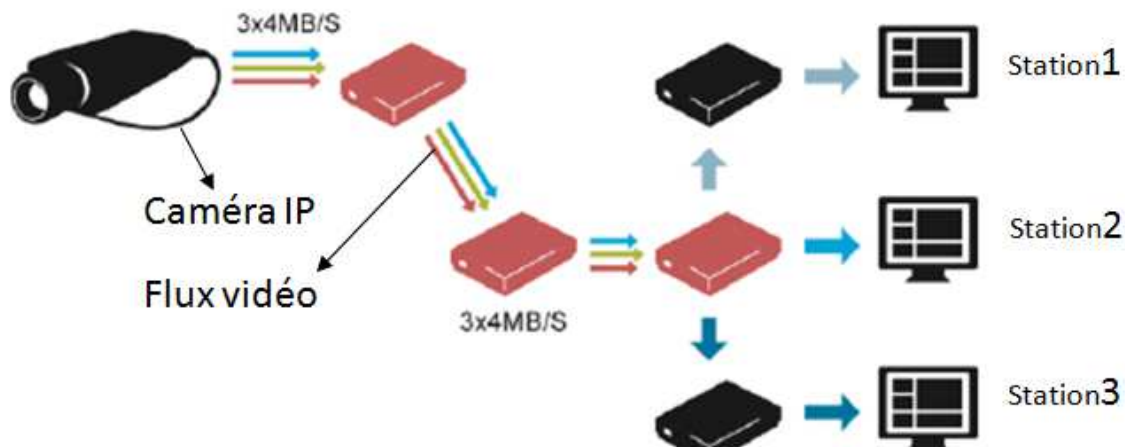


Schéma1 : Transmission de signal d'image en diffusion unique

Dans le schéma ci-haut, la caméra IP envoie un flux unique de 4Mb/s mais qui est scindé en trois afin de servir trois stations sollicitant. C'est ainsi que beaucoup de destinations connectées en diffusion unique à une source vidéo peuvent donc entraîner un trafic élevé sur le réseau. Autrement dit, si nous prenons comme exemple un grand système dans lequel 300 destinations demandent le même flux vidéo, nous aurions 1200 Mbit/s (300 x 4 Mbit/s) de données voyageant sur le réseau, ce qui est impossible à gérer. Même si cette méthode de transmission est très utilisée sur Internet où la plupart des routeurs ne permettent pas la multidiffusion, dans un réseau local d'entreprise, la transmission par diffusion unique n'est pas nécessairement la meilleure méthode puisqu'elle peut faire surcharger rapidement la bande passante requise pour visualiser et enregistrer les flux vidéo.

2.1.3 LA MÉTHODE DE MULTIDIFFUSION

En transmission multidiffusion, il n'y a aucune connexion directe entre la source et les destinations. La caméra IP se connecte au flux vidéo en se joignant à un groupe multidiffusion, ce qui signifie en fait qu'elle se connecte à l'adresse IP de multidiffusion du flux vidéo. La caméra IP envoie donc une seule copie du flux vidéo à son adresse IP désignée et la destination se connecte simplement au flux disponible sur le réseau sans surcharger la source. Autrement dit, les destinations partagent le même flux vidéo. Dans le schéma 2 ci-dessous, les trois stations (destinations) qui demandent le flux vidéo ont le même impact sur le réseau qu'une destination unique demandant le flux en diffusion unique et il n'y a pas

plus de 4 Mbit/s qui voyagent sur chacun des segments du réseau. Même si 300 destinations demandaient ce flux vidéo, la même quantité de données voyagerait sur le réseau (<http://Wikipedia>, Multicast).

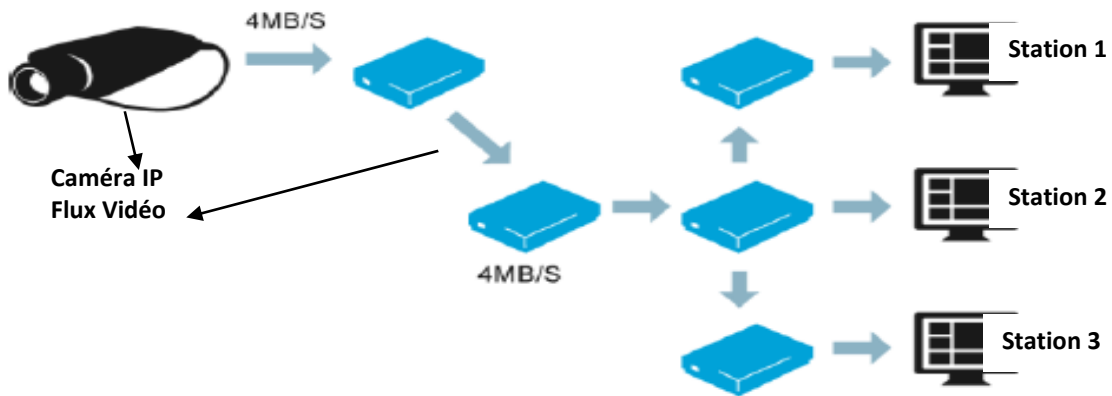


Schéma 2 : Transmission des flux vidéo en multidiffusion

Il est évident que l'utilisation de transmissions multidiffusion dans une application de vidéosurveillance IP peut permettre d'économiser beaucoup de bande passante, surtout dans les déploiements à grande échelle où la quantité de destinations peut croître très rapidement.

• **Transmissions multiples dans un seul système**

Comme certains segments d'un réseau ne permettent pas nécessairement les multidiffusions, il y a lieu de coupler les deux premières méthodes dans un système de gestion vidéo qui doit prendre en charge des méthodes de transmissions multiples et une gestion interne des diffusions unique, parce que les réseaux sont complexes et les sources vidéo IP n'utilisent pas toutes la même méthode de transmission (<http://en.wikipedia.org/wiki/Multicast>). Par exemple, dans un système de surveillance vidéo, certaines caméras IP peuvent être situées sur le réseau local de l'entreprise tandis que d'autres peuvent être montées à l'extérieur où elles transmettent des données sur un réseau sans fil qui ne prend pas la multidiffusion en charge. De plus, dans ce même système de vidéosurveillance, même si la plupart des stations de surveillance sont situées dans le réseau local de l'entreprise avec multidiffusion, certaines d'entre elles peuvent se connecter au système par Internet, tel qu'illustré dans le schéma 3 ci-dessous.

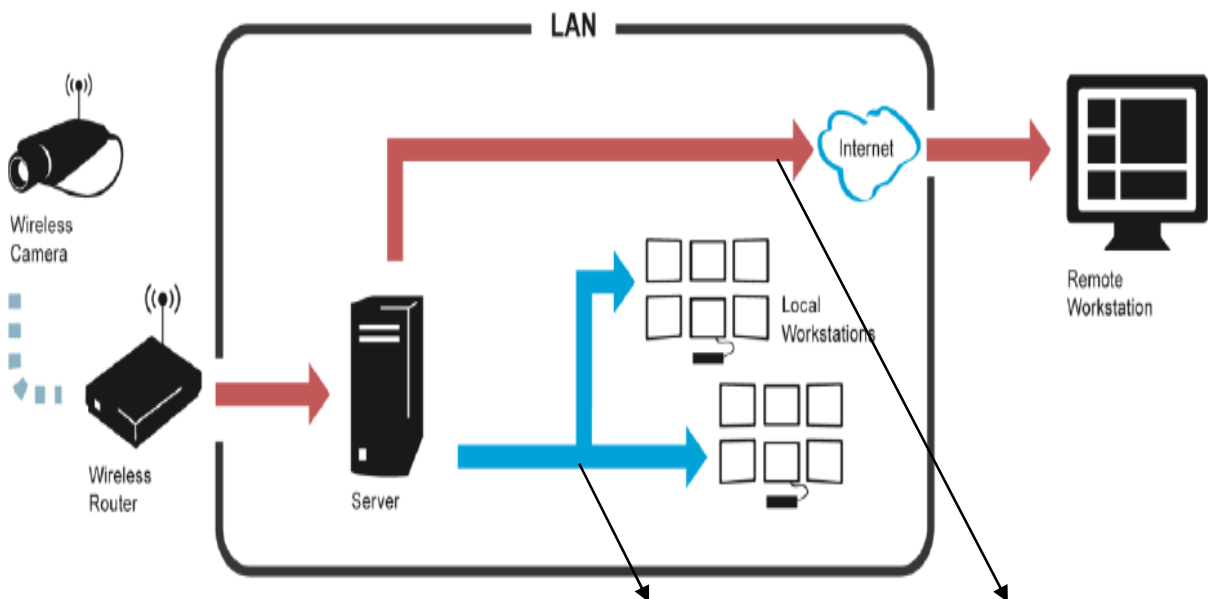


Schéma 3 : Transmission multiples dans un seul système (Multidiffusion couplée à la Diffusion Unique)

Dans ce cas, un système de gestion vidéo intelligent peut gérer les enregistrements de caméras à diffusion unique et à multidiffusion, transformer les caméras à diffusion unique en caméras à multidiffusion pour assurer une utilisation efficace de la bande passante pour les utilisateurs locaux, et fournir un flux à diffusion unique aux clients à distance, tout en utilisant un seul serveur.

Le serveur, tenant lieu de mandataire, est un autre composant très important pour la gestion efficace du trafic vidéo sur le réseau. L'idéal est que ce serveur détecte automatiquement le type de connexion de la caméra ou du client de visionnement. De cette manière, si un utilisateur se connecte quelquefois depuis le réseau local de l'entreprise et d'autres fois depuis chez lui, où la transmission vidéo multidiffusion n'est pas disponible, le serveur de gestion vidéo pourra détecter le lieu de connexion et fournir automatiquement au client de visionnement le meilleur type de flux.

De plus, la capacité de transformer une caméra à diffusion unique seulement en caméra à multidiffusion est une autre fonction importante du système de gestion vidéo. Cette fonction est importante non seulement pour les caméras qui envoient des flux sur des liaisons sans fil, mais aussi pour les caméras MJPEG. Cela est généralement effectué par le serveur de gestion vidéo capable de recevoir le flux vidéo à diffusion unique de la caméra et de créer un flux multidiffusion pour les clients.

2.2 GESTION DES FORMATS DE COMPRESSION VIDEO POUR UNE CHARGE DU RESEAU OPTIMALE

Le dernier point à aborder à propos de la gestion de la bande passante est la capacité d'un système de gestion vidéo à prendre en charge les divers formats de compression offerts par les sources vidéo IP. Les formats de compression vidéo les plus fréquents en vidéosurveillance sont les formats H.264, MPEG-4, MJPEG, MPEG-2, Wavelet et JPEG2000. Chacun de ces formats de compression a ses propres avantages et inconvénients (<http://www.sourcesecurity.com>). La décision de choisir un format de compression plutôt qu'un autre est basée sur plusieurs facteurs, tels que :

- La latence
- La qualité de l'image.
- Les exigences de stockage.
- Le nombre de caméras.
- L'utilisation de bande passante.

Le MPEG-4 et son successeur, le H.264, sont les formats de compression les plus efficaces sur le marché en terme d'utilisation de la bande passante. Ces formats de compression sont généralement le meilleur choix pour économiser la bande passante et l'espace de stockage sans affecter la qualité vidéo, contrairement au MJPEG qui peut offrir une grande qualité d'image mais qui utilise beaucoup de bande passante. Le MJPEG peut tout de même être un bon format de compression surtout s'il est utilisé à un débit binaire faible sur des liaisons lentes parce que chaque image est indépendante. Donc, contrairement au H.264 et au MPEG-4, si une image en MJPEG est perdue, c'est une seule image qui sera perdue plutôt qu'une séquence complète d'images.

Cependant, si nous regardons le schéma ci-dessous, avec le même niveau de qualité vidéo, nous pouvons clairement voir la différence entre différents formats de compression (H.264, MPEG-4 et MJPEG). Puisque le H.264 utilise environ six fois moins de bande passante que le MJPEG, le H.264 est assurément le meilleur choix pour l'optimisation du stockage et de la bande passante.

Comme la vidéosurveillance IP évolue de la même manière que la télédiffusion avec la télévision à haute définition, les sources vidéo IP offrent aussi des résolutions plus élevées avec des caméras à mégapixels à haut débit réseau; le H.264 deviendra donc fort probablement le format de compression standard dans l'industrie à cause de sa faible utilisation de la bande passante. C'est pourquoi il est important de rechercher un logiciel de gestion vidéo évolutif capable de prendre en charge les technologies évoluées d'aujourd'hui et de demain.

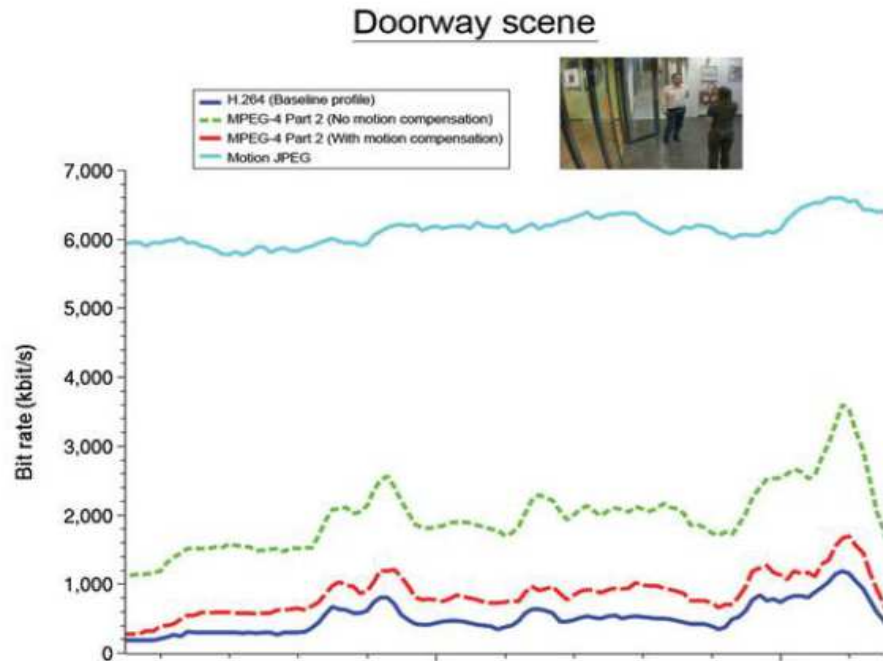


Schéma 4 : comparaison de différents formats de compression (<http://www.axis.com>)

2.2.1 LOGICIEL DE GESTION VIDÉO

La multidiffusion, la gestion de flux multiples et la compression vidéo sont trois des nombreuses méthodes pour optimiser l'utilisation de la bande passante dans les applications de vidéosurveillance IP. Les périphériques ou sources vidéo IP deviennent de plus en plus intelligents et offrent des fonctions jadis seulement offertes au niveau de tête par la plate-forme de vidéosurveillance. Par exemple, certaines sources vidéo IP sont capables d'effectuer des analyses vidéo directement à partir du périphérique et de transmettre la vidéo seulement en cas d'alarme. Encore mieux, certaines sources vidéo IP peuvent stocker la vidéo directement sur le périphérique et agir comme mini unités d'enregistrement.

Néanmoins, toutes ces fonctions intelligentes doivent absolument être produites par la plateforme de vidéosurveillance pour que les utilisateurs puissent profiter pleinement de tous les avantages connexes. Avec un logiciel de gestion vidéo puissant et novateur, les utilisateurs pourront profiter pleinement des dernières avancées technologiques, ce qui contribuera directement à une réduction des exigences de bande passante, à une optimisation des ressources réseau et à une diminution des besoins de stockage. Enfin, un logiciel de gestion vidéo avancé aidera les utilisateurs à économiser des sommes significatives et leur permettra de conserver l'évolutivité de leurs investissements à mesure que de nouvelles technologies émergent (Tanenbaum, Andrew S. 2003)

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 GAIN DES TRANSMISSIONS EN MULTIDIFFUSION

Après les expérimentations ci-hauts démontrées, nous remarquons que la multidiffusion est une méthode d'amélioration de la gestion de la bande passante relativement simple. Cependant, elle doit être soutenue par trois composants suivants :

- Routeurs et commutateurs à multidiffusion.
- Sources de vidéos IP prenant en charge la transmission multidiffusion.
- Système vidéo secondaire prenant en charge la gestion multidiffusion.

En termes de réseau, un commutateur à multidiffusion peut aussi être appelé commutateur prenant en charge la surveillance IGMP ou la surveillance et les requêtes IGMP. La surveillance IGMP est une fonctionnalité qui est généralement prise en charge par un commutateur de couche 2.

Les requêtes IGMP peuvent être gérées par le commutateur de couche 2 ou par un routeur multidiffusion. Cet équipement est le composant principal pour construire un réseau multidiffusion. Un commutateur prenant en charge la surveillance IGMP veille à ce que le flux multidiffusion soit seulement envoyé aux destinations qui l'ont demandé et pas aux autres destinations. En envoyant des messages tels que "IGMP join" ou "IGMP leave" sur le réseau, les destinations reçoivent ou non un flux multidiffusion. Pour assurer le bon fonctionnement de la surveillance IGMP, au moins un demandeur IGMP doit être exécuté sur le réseau. Le demandeur IGMP assure des transmissions adéquates au moyen des connexions multidiffusion.

Sans ces composants, le trafic multidiffusion n'est pas géré adéquatement sur le réseau, causant un trafic indésirable. Un commutateur sans multidiffusion interprète les paquets multidiffusion comme des paquets inconnus et les transmet à toutes les destinations. Généralement, les départements de Technique Informatique (IT) sont chargés de mettre en place un réseau multidiffusion et de s'assurer qu'il a été correctement configuré.

En termes de sources vidéo IP, la plupart des caméras et codeurs IP sur le marché prennent en charge la multidiffusion. Les sources vidéo IP en MJPEG sont des exceptions puisque les flux de ces types de sources sont pratiquement seulement transférés en diffusion unique. Cette restriction n'est pas due au format de compression, mais provient plutôt de la compression MJPEG qui est généralement couplée au protocole HTTP lors de la transmission du flux, ce qui permet d'obtenir un flux à diffusion unique seulement. Cependant, comme le protocole RTSP de contrôle du flux est en train de s'imposer, cela changera bientôt et les sources vidéo IP en MJPEG pourront être transférées en multidiffusion.

Actuellement, la présence d'un réseau multidiffusion et d'un flux d'unités vidéo multidiffusion n'est pas encore suffisamment efficace pour gérer adéquatement le trafic multidiffusion sur un réseau.

Le système de gestion vidéo utilisé doit aussi gérer adéquatement le trafic multidiffusion. D'où il faut un logiciel de gestion multidiffusion capable de fournir à l'application client de visionnement et au serveur d'enregistrement la capacité de rejoindre le groupe multidiffusion sur le réseau. Ce logiciel est une exigence minimale pour un tel système des transmissions de flux vidéo multidiffusion.

3.2 LOGICIEL DE VIDÉOSURVEILLANCE INTELLIGENT

Le logiciel de vidéosurveillance doit être beaucoup plus intelligent pour offrir un bon contrôle du trafic multidiffusion et doit donc pouvoir effectuer les tâches suivantes :

- Gérer des méthodes de transmissions multiples dans le même système.
- Offrir un service mandataire pour transformer le trafic à diffusion unique en trafic multidiffusion et vice versa.
- Pouvoir détecter automatiquement les capacités du réseau.

3.3 MAXIMISATION DES CAPACITES DE GESTION DE FLUX MULTIPLES

En vidéosurveillance IP, la gestion de flux multiples est définie comme la capacité d'une source vidéo IP à produire plusieurs flux vidéo de la même caméra en différentes qualités vidéo. Le logiciel de gestion vidéo doit aussi pouvoir contrôler ces flux.

4 CONCLUSION

Notre étude a été centrée sur *l'optimisation de gestion de la bande passante dans une projection. Cas de la vidéosurveillance*. Comme vous l'avez lu dans les pages précédentes, un logiciel de gestion vidéo intelligent est nécessaire pour prendre en charge les diverses méthodes à votre portée, qui contribuent à l'optimisation de la bande passante dans une application de vidéosurveillance. Un tel logiciel vous aidera à tirer profit de fonctions spécifiques telles que la multidiffusion, la gestion de flux multiples et la compression vidéo afin d'optimiser les ressources réseau, de réduire les exigences de stockage et, finalement, de réduire le coût global.

C'est pourquoi, il est important de prendre le temps de vérifier que votre logiciel de gestion vidéo est adéquat pour vraiment optimiser votre gestion de la bande passante.

Notre recherche a montré que la multidiffusion est une méthode d'amélioration de la gestion de la bande passante relativement simple. Cependant, elle doit être soutenue par les trois composants à ne pas oublier.

- Routeurs et commutateurs à multidiffusion.
- Sources de vidéos IP prenant en charge la transmission multidiffusion.
- Système vidéo secondaire prenant en charge la gestion multidiffusion.

Vu les résultats de notre expérimentation, dans le schéma 2, les trois destinations qui demandent le flux vidéo ont le même impact sur le réseau qu'une destination unique demandant le flux en diffusion unique et il n'y a pas plus de 4 Mbit/s qui voyagent sur chacun des segments du réseau. Même si 300 destinations demandaient ce flux vidéo, la même quantité de données (4Mbits) voyagerait sur le réseau.

C'est ainsi que notre question de départ selon laquelle, est-il nécessaires de négliger l'optimisation de la bande passante même si la capacité et la vitesse des réseaux augmentent ?" a été vérifiée en confirmant que :même si la capacité et la vitesse des réseaux augmentent constamment et que les coûts connexes diminuent, ce n'est pas une raison suffisante pour que les utilisateurs ignorent les investissements et efforts supplémentaires nécessaires pour optimiser la gestion de la bande passante et puisque la quantité de données passant par le réseau augmente toujours les investissements en optimisation de la bande passante peuvent contribuer à une réduction du coût global de connexion, surtout par rapport aux gains d'efficacité et aux ressources maximisées.

REMERCIEMENTS

Avant tout, gloire à Dieu Tout Puissant qui nous a guidé tout au long de notre recherche ; grâce à tes bénédictions, nous avons franchi toutes les difficultés de notre parcours et nous avons mené ces recherches en toute sagesse divine sans laquelle toute réflexion est impossible.

Nos remerciements s'adressent à tout le personnel de l'ISP/IDJWI, pour leur encadrement scientifique et leur collaboration tout au long de nos recherches.

Nous remercions aussi toutes les autorités de l'ISP/BUKAVU et celles du Centre de Recherche Universitaire du Kivu (CERUKI) pour le cadre offert aux chercheurs dans le souci de la promotion scientifique.

Notre reconnaissance s'adresse aussi à ma famille Biologique, famille Edouard MINANI qui ne cesse de nous soutenir moralement et matériellement dans toutes les circonstances de la vie ainsi qu'à mon collègue KASHINZWE MWIRA Marcellin pour la traduction du résumé de cet article en anglais.

A tous nos proches, ami(e)s et connaissances, sentez-vous fiers et concernés par ce travail. A tous, nous disons merci.

REFERENCES

- [1] Axis Communications. *White Paper - An Explanation of Video Compression Techniques*. [Online] Available: http://www.axis.com/files/whitepaper/wp_videocompression_33085_en_0809_lo.pdf (15 Mars 2016)
- [2] Axis Communications. *White Paper - H.264 Video Compression Standard*. [Online] Available: http://www.axis.com/files/whitepaper/wp_videocompression_33085_en_0809_lo.pdf (20 Janvier 2015)
- [3] CISCO. *White Paper - Overview of IP Multicast*. [Online] Available: http://www.cisco.com/en/US/tech/tk828/technologies_white_paper09186a0080092942.shtml (20 février 2016)
- [4] GENETEC (2010), *gestion de la bande passante en vidéosurveillance*.
- [5] Sony Professional Solutions Europe. *Video Compression Technology - H.264 Explained*. [Online] Available: <http://www.sourcesecurity.com/news/articles/co-3289-ga.2806.html> (05 Avril 2016)
- [6] TANENBAUM, ANDREW S. (2003). *Computer Networks*, 4e Edition. New Jersey: Pearson Education Ltd.
- [7] Wikipédia. *IGMP Snooping*. [Online] Available: http://en.wikipedia.org/wiki/IGMP_snooping (15 mars 2015)
- [8] Wikipédia. *Multicast*. [Online] Available: <http://en.wikipedia.org/wiki/Multicast> (15 mars 2016)
- [9] Wikipédia. *Streaming Media*. [Online] Available: http://en.wikipedia.org/wiki/Streaming_media (15 mars 2015)