

COMparaison de systèmes de Communications vidéo pour Personnels en InTervention

Vincent AZIBERT¹, Djamel BEN MOHAMED², Loïc LAAS³, Rosolino LIONTI⁴, Olivier VENARD⁵

¹MSA GALLET, ZI Sud BP90, 01400 Châtillon sur Chalaronne

²SDIS de l'YONNE, 27 Avenue Charles de Gaulle, 89000 Auxerre

³CEA-FLS, 17 Rue des Martyrs, 38054 Grenoble cedex 9

⁴CEA-LETI MINATEC, 17 Rue des Martyrs, 38054 Grenoble cedex 9

⁵ESIEE-ESYCOM, 2, Bd Blaise Pascal, 93162 Noisy le Grand

Vincent.Azibert@msa-gallet.fr djamel.benmohamed@yahoo.fr loic.laas@cea.fr rosolino.lionti@cea.fr venardo@esiee.fr

Résumé – Les services de secours et de lutte contre les incendies doivent opérer dans la plupart des cas dans des espaces clos ou semi-ouverts, ce qui rend la tâche plus difficile et plus dangereuse pour les personnels engagés. On a longtemps considéré le feu comme le principal danger, désormais tout le monde s'accorde sur le fait que les fumées causent plus de victimes que le feu lui-même. Il est donc primordial, pour l'efficacité de l'intervention, d'équiper les intervenants de moyens leur permettant d'opérer dans des locaux enfumés. De plus, les personnes en charge de la sécurité doivent pouvoir disposer de transmissions vidéos en temps réel depuis le lieu de l'accident jusqu'au PC de crise. Le dialogue entre le responsable des opérations sur le terrain (PC pompiers – mobile) et les équipes du PC de crise (à distance – fixe) sera grandement facilité par cette vue « commune », le choix des moyens à mettre en œuvre pourra être décidé plus rapidement.

Abstract - The fire and rescue services are faced in most of the cases with operations in confined spaces which make the events more difficult to deal with and more dangerous for the personnel involved. Whereas in early times the fear of fire was connected only to the fire itself, nowadays fire services all over the world agree on the fact that smokes make more casualties than fire. It is then of the utmost importance, for the efficiency of the intervention, to provide first responders with advanced autonomous sensing and communicating devices, to help them to operate in smoky places, and to allow the overall rescue operational and management chain to understand, analyse, manage and operate rapidly, to the point and in increased safety.

1. Objectifs du projet

1.1 Introduction

COCPIT est un projet dont le but est de proposer des outils de collecte de l'information et de communication pour les interventions de crise (incendie).

A partir de scénarios type définis au préalable, on évaluera l'apport réel des outils développés, tant au niveau des intervenants (binôme d'attaque ou First Responders) que des personnels coordonnant la gestion de l'intervention.

Un démonstrateur sera réalisé et servira de modèle de validation lors des essais finaux en situation.

1.2 Incendies en espaces clos ou semi-ouverts

L'événement le plus redouté en espace clos ou semi-ouverts est l'incendie. En effet, s'il n'est pas maîtrisé rapidement il conduit en quelques minutes seulement à l'installation d'un environnement très hostile pour les usagers et les équipes d'intervention. L'infrastructure des lieux et l'emploi de matériaux particulièrement fumigènes

lors de la phase de combustion, rendent l'action des équipes d'intervention particulièrement difficiles. La survie des usagers présents sur les lieux est TRES MENACEE.

Le développement des feux en espaces clos ou semi-ouverts se caractérise par une production importante de fumées brûlantes, épaisses et fortement toxiques ainsi qu'une élévation très importante des températures. La présence de fumées, très opaques et incapacitantes, gêne considérablement l'évacuation des usagers, l'approche et l'action des équipes de secours.

Cependant, entre le début de l'incendie et l'établissement complet de cet environnement hostile il existe un délai qui permet aux usagers d'évacuer les locaux et aux équipes d'intervention de maîtriser le départ de feu. **Il est donc important pour les équipes de secours de se doter de tous les moyens opérationnels nécessaires** pour permettre le repérage des victimes éventuelles dans les fumées et leur mise en sécurité ainsi que la maîtrise du sinistre pendant ce délai.

Plus l'action des équipes de secours est rapide et aisée, plus leur sécurité est assurée.

1.3 Faciliter la gestion des interventions

L'analyse a posteriori de différents incendies montre la difficulté pour les décideurs (présents en salle de gestion de crise) de disposer d'informations de terrain rapides et fiables. La coordination des intervenants est rendue très difficile en raison de l'absence totale d'images provenant de la zone sinistrée. Les caméras conventionnelles présentes dans certaines installations sont rendues totalement inopérantes à cause de la présence de fumées.

Les personnes en charge de la sécurité souhaitent disposer de transmissions vidéos en temps réel depuis le lieu de l'accident jusqu'au PC de crise. Ces vidéos, prises dans le domaine du visible et de l'infrarouge au plus près du sinistre, offriront aux équipes qui travaillent au sein du PC de crise une meilleure perception de la situation sur le terrain. Le dialogue entre le responsable des opérations sur le terrain (PC pompiers – mobile) et les équipes du PC de crise (à distance – fixe) sera grandement facilité par cette vue « commune », le choix des moyens à mettre en œuvre pourra être décidé plus rapidement.

L'adaptation des moyens mis en œuvre et le temps de réaction sont des éléments déterminants pour maîtriser l'incident.

Un synoptique de l'architecture du système est présenté sur la figure n°1

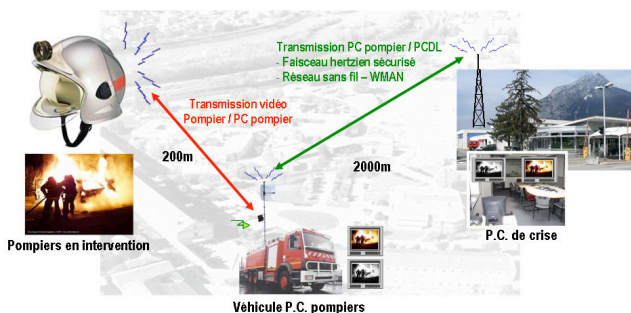


Fig.1 – Organisation de l'intervention

1.4 Sécuriser les intervenants

Pour des raisons de sécurité (images prises au plus près du sinistre), la retransmission vidéo doit être confiée au pompier, les images prises dans l'infrarouge seront directement utilisables par le pompier (dispositif « vision tête haute ») lui donnant la possibilité de repérer dans une ambiance de fumées opaques, les points chauds et d'éventuelles victimes.

En fixant le dispositif sur son casque le pompier disposera de ses deux mains libres pour l'intervention et sera ainsi plus efficace pour assurer la mission de secours dans le cas où des victimes seraient à secourir.

1.5 Fiabiliser le transfert d'information

Le système de transmission doit permettre de transmettre de la vidéo et d'autres données avec un média sans fil en environnement contraint : canal de transmission

sévère, pas de ligne de vue directe, multi-trajets, infrastructures complexes sur plusieurs niveaux (sous-sol et/ou étages).

En mettant en œuvre des outils spécifiques, COCPIT doit permettre de valider un niveau de performance dans la transmission (bi directionnelle) qui sera la clé pour une utilisation sereine et sans réserve des données ainsi véhiculées :

- Images (visible et/ou infrarouge) du site d'opérations
- Sons (échanges vocaux, sons d'ambiance et/ou instructions simples)

2. Descriptif technique

Le projet consiste essentiellement à définir le meilleur système de communication en tenant compte des spécificités des environnements de propagation auquel les pompiers sont confrontés. Ce système de communication équipera la plateforme de protection de la tête du pompier.

Les temps d'engagement lors des phases de reconnaissance sont en général assez limités (moins de 45 minutes), ce qui permettra de trouver un compromis acceptable entre la fonctionnalité et le confort.

2.1 Matériel embarqué sur le casque

L'intégration du lien vidéo dans le casque offre plusieurs avantages :

- point de vue équivalent à celui du pompier
- aucune liaison entre le casque et le reste de l'équipement du pompier
- proximité de la caméra IR et de la visualisation tête haute
- dégagement maximal pour l'antenne radio et utilisation mains libres.

2.1.1 Contraintes ergonomiques

Bien entendu, cette situation idéale est accompagnée de son cortège de difficultés, le poids total du casque doit rester inférieur à 2,2kg ce qui autorise un poids maximal pour le système complet de l'ordre de 700g.

Il faut donc impérativement répartir les masses pour conserver l'équilibre du casque

2.1.2 Equipement de prise de vue

Pour la caméra visible, l'intégration dans le casque est envisageable, il y a cependant un intérêt pour la disposer à l'extérieur du casque, cela permettrait de changer de type de caméra en fonction de l'intervention. La sensibilité de certaines caméras N&B (0,02 lux) est beaucoup plus élevée que celle des caméras couleurs (de l'ordre de 1 lux) et peuvent de ce fait être beaucoup plus adaptées aux interventions dans des zones très peu éclairées. De plus dans le cadre du projet cela simplifiera la mise en œuvre des essais.

Bien que plus compactes, moins « gourmandes » en énergie et moins coûteuses que leurs aînées, les nouvelles générations de caméras IR ont encore des dimensions, un poids et une consommation électrique qui interdit leur intégration dans le casque.

L'introduction de l'infrarouge dans l'automobile mobilise fortement les fabricants de capteurs et caméras IR et devrait à terme démocratiser ce type de produit et nous offrir une palette de produits « intégrables » dans le casque.

Dans le cadre du projet, une caméra offrant le meilleur compromis, encombrement, poids, consommation et prix, sera fixée sur le casque et reliée au dispositif de visualisation « tête haute » et à la compression vidéo.

2.1.3 Visualisation tête haute

On assiste à l'émergence de dispositifs de visualisation intégrés dans des lunettes pour le grand public, leurs caractéristiques sont encore trop éloignées de notre besoin (faible champ visuel, occultation d'une grande partie de ce champ visuel quand la visualisation est activée).

Il existe une offre professionnelle qui permet de superposer une vidéo au champ visuel (optical see-through head mount display), l'encombrement de ces dispositifs est difficilement compatible avec un casque intégral et leur prix est encore très élevé.

Dans le cadre du projet, nous rechercherons le produit existant le plus adapté à l'usage pompier et utilisable avec le casque F1 (homologué en France). Ce type de produit fait l'objet de nombreuses recherches dans des cadres très différents (le fantassin du futur et la réalité virtuelle pour les applications grand public), et l'on peut raisonnablement espérer disposer d'une solution adaptée à notre besoin dans les années à venir.

2.1.4 Alimentation / Source d'énergie

Idéalement la source d'énergie devra être intégrée dans le casque mais le développement d'une pile ou d'un accumulateur répondant aux contraintes d'intégration dans un casque de pompier et d'homologation représente un projet en soi et ne sera pas traité dans le cadre de ce projet.

On utilisera des accumulateurs disponibles dans le commerce non fixés sur le casque pour ne pas créer de déséquilibre

2.1.5 Compression et Emission des données

Les débits radio numériques possibles dans les bâtiments et en zones urbaines denses (quelques Mbits/s) imposent de comprimer fortement les flux vidéo. A débit équivalent, la compression vidéo inter-images avec compensation de mouvement (MPEGx, H26x) offre une meilleure qualité que la compression vidéo intra-image (JPEG, MJPEG, JPEG2000), ceci au prix d'une complexité très élevée du compresseur, d'un temps de latence plus élevé et d'une plus grande sensibilité aux erreurs de transmission. Dans le cadre du projet nous implémenterons un standard de compression (MPEGx ou H26x suivant

disponibilité commerciale) pour la vidéo dans le visible et une compression intra-image basée sur la transformée ondelettes pour la vidéo infrarouge.

2.2 Technologie de transmission

Les environnements dans lesquels évoluent les pompiers produisent des évanouissements de fréquences (fading) importants qui pénalisent fortement les liaisons radio à bande étroite. Parmi les techniques qui offrent une bonne résistance au fading et qui sont employées dans les standards de transmission actuels (et à venir) on peut citer l'étalement de spectre, l'OFDM et l'ultra-large bande, bien que les limitations de puissances imposées pour ce dernier système le rend inutilisable pour notre application. La structure métallique des bâtiments pose un problème de propagation pour les grandes longueurs d'ondes alors que les faibles longueurs d'ondes moins affectées par ce problème souffrent d'une atténuation plus importante en espace libre. Dans le cadre du projet nous développerons une liaison OFDM fonctionnant sur 2 fréquences différentes dans la bande UHF, déterminées sur la base d'essais effectués dans d'autres cadres.

Les lois de la physique imposent des limitations concernant la taille des antennes qui échappent à la tendance générale de miniaturisation de l'électronique vers l'intégration totale, la miniaturisation d'antenne s'accompagne de dégradations des performances. Dans le cadre de ce projet, l'agilité de fréquence sera envisagée dans le but d'optimiser le fonctionnement (haute efficacité, stabilité du rayonnement) tout en miniaturisant la taille de l'antenne pour la rendre compatible avec une intégration efficace dans un casque aux fréquences basses UHF. La réduction de taille de l'antenne est un paramètre clé qui autorisera notamment l'utilisation de techniques visant à limiter le rayonnement induit sur la tête de l'utilisateur.

La proximité de l'antenne UHF avec la tête du pompier impose d'intégrer une protection contre les ondes électromagnétiques et de limiter autant que possible la puissance d'émission. Cette dernière contrainte exclut la possibilité d'établir une liaison directe avec le PC de crise. Afin de pallier à cette difficulté nous allons mettre en œuvre deux liaisons : une liaison entre le pompier et le PC pompier (véhicule disposé à proximité du lieu de l'incident – 100 à 200m) et une liaison entre le PC pompier et le PC de crise situé à distance (plusieurs km). Pour la liaison du PC pompier vers le PC de gestion de la crise, il sera fait usage d'une solution commercialement disponible (réseau WiMAX). L'effort sera porté sur l'adaptation des différents flux (audio – vidéo - data), transmis du pompier vers le PC pompier, au standard de transmission utilisé pour la liaison avec le PC de crise et l'exploitation de ces flux au niveau du PC pompier et du PC de crise.

2.3 Diffusion vers le PC de crise et exploitation du flux multimédia

Le couplage PC pompier - PC de crise constitue en terme de transmission et de protocole une passerelle. Le

PC pompier est connecté en point à point au pompier qui lui transmet 1 flux audio, 2 flux vidéo (visible et IR) et un flux de donnée en utilisant les techniques de codage de source et de transmission qui seront retenues. Le lien de communication entre le PC pompier et le PC de crise utilisera une infrastructure réseau WiMAX.

Les flux issus du terrain (au sens multimédia : audio, vidéo et data) sont transmis avec les techniques ad hoc depuis le terrain d'intervention ; ces données seront ré-encodées en utilisant les techniques de l'art (MPEG4-baseline par exemple pour la vidéo) et embarquée dans un flux de transport (MPEG2-TS par exemple) permettant leurs multiplexage et re-synchronisation à la réception au PC de crise. Ces choix devront prendre en compte les caractéristiques des différentes configurations de communications possibles entre le PC pompier et le PC de crise, la qualité de service attendue et une approche évolutive (« scalable ») en terme d'exploitation des flux vidéo dans le PC de crise.

Les capacités d'exploitation des flux vidéos devra permettre de combler le besoin en « visibilité » exprimé par les acteurs de la sécurité qui n'interviennent pas directement sur l'incident mais qui ont en charge la mise en œuvre des moyens d'intervention. La capacité à naviguer, à sélectionner et à rediffuser des éléments des flux multimédias reçus au PC de crise constitue un outil d'aide au diagnostic et à la décision dans les situations de crise permettant d'optimiser le temps de prise de décision en terme d'actions et d'affectation de moyens.

3. Enjeux Scientifiques

3.1 Etat de l'art

A ce jour, les équipes d'intervention peuvent disposer de caméras thermiques à main leur permettant de progresser à pied, de repérer d'éventuelles victimes et d'effectuer leur mission d'intervention en ayant une vision de l'environnement dans lequel elles opèrent. Ces dispositifs de caméra « à main » limitent la capacité d'action des intervenants puisqu'ils mobilisent au moins l'une des mains de l'intervenant.

En ce qui concerne les transmissions d'images, les systèmes disponibles à ce jour ne permettent qu'une transmission sur des courtes distance (moins de 100 mètres) ce qui ne permet pas la remontée des images du terrain jusqu'aux différents acteurs de la gestion de l'événement.

4. Retombées du projet

4.1 Attentes utilisateurs

- Visibilité par le commandant des opérations de secours, des paramètres de la situation opérationnelle.
- Aide apportée au binôme de reconnaissance, pour la reconnaissance des paramètres de la zone d'intervention

- Sécurisation des personnels engagés
- Faciliter le retour d'expérience d'une intervention majeure avec l'emploi d'éléments vidéo
- Posséder en cas d'accident une traçabilité des interventions particulières, en cas d'accident.

4.2 Débouchés industriels

Du point de vue industriel, le but de ce projet est la démonstration de la faisabilité technique d'une solution de prise d'image au plus près de l'action (visible et IR) sans que cela ne génère trop de perturbations pour le porteur.

Ce projet étant une étude de faisabilité, l'impact économique réel ne pourra être évalué qu'à son issue, lorsqu'on aura pu valider le concept et mettre en face des briques technologiques impliquées un coût de mise en œuvre industrielle.

5. Consortium et Organisation

5.1 Groupe de projet

Le consortium du projet COCPIT intègre des acteurs aux profils divers afin d'appréhender au mieux les différents aspects du projet, tant techniques qu'opérationnels.

5.1.1 Porteur du Projet : MSA Gallet

- Leader mondial dans le domaine de la protection de la tête, en particulier pour les sapeurs-pompiers (inventeur du casque F1 utilisé dans plus de 80 pays)
- Société du groupe MSA qui fournit aux pompiers du monde entier des équipements essentiels à la sécurisation des interventions (protection individuelle, détection de gaz, imagerie thermique)

5.1.2 CEA-LETI

Le CEA-LETI est l'un des principaux centres européens de recherche appliquée en électronique. Son activité est consacrée à plus de 85 % à des recherches finalisées avec des partenaires extérieurs. Interlocuteur privilégié du monde industriel, le LETI a suscité la création de près de 30 start-up de haute technologie, dont SOITEC, leader mondial du silicium sur isolant. Il dépose quelques 180 brevets par an et gère un portefeuille de 1000 inventions protégées par des brevets.

Son rôle est de faire de la recherche dans ces domaines et d'assurer ensuite un transfert de connaissances vers l'industrie. Le LETI travaille donc le plus souvent en collaboration avec des industriels sur des projets. Nombre de programmes sont menés avec des partenaires extérieurs : laboratoires des universités et du CNRS, entreprises, sociétés essaimées avec lesquelles ils poursuivent une collaboration.

5.1.3 CEA –FLS

CEA-FLS : La Formation Locale de Sécurité du CEA/ Grenoble, est une unité rattachée à la Direction du Soutien aux Programmes du Centre de Grenoble. Forte d'un effectif de plus de 80 personnes, ce service se compose de plus de 70 agents de sécurité formés et recyclés aux métiers de Sapeurs Pompiers et de la Protection Physique. Assurant une permanence sécurité du site 24h/24 et 365 jours par an, ces salariés interviennent sur feu avec du matériel récent, puissant et performant.

5.1.4 ESIEE

Le département Télécoms de l'ESIEE fait partie du laboratoire multi établissements ESYCOM «équipe Systèmes de Communications et microsystèmes» (EA2552) de l'Université Paris Est.

Il intervient principalement au sein de la thématique «radiocommunications numériques» qui développe des compétences sur les architectures d'émetteurs-récepteurs et le traitement du signal associé ainsi que sur le codage des signaux et des images.

Le département est fortement impliqué dans des activités partenariales de recherche industrielle au travers de programmes de recherche européens et nationaux notamment au sein du pôle de compétitivité VMD (Ville et Mobilité Durable) et de l'institut Carnot « VITRES ».

5.1.5 SDIS de l'Yonne (89)

Fort de 1300 sapeurs-pompiers professionnels et volontaires, le Service Départemental d'Incendie et de Secours (SDIS) de l'Yonne réalise plus de 21 000 interventions chaque année.

Depuis 2004, il est le seul département dans l'Hexagone à avoir mis en place une protection intégrée à la tenue de feu permettant de modéliser, les intervenants dans les trois dimensions et augmenter le niveau de sécurité lors de leur évolution sur le domaine routier.

5.2 Rôles des intervenants

5.2.1 MSA Gallet

MSA Gallet assurera une partie de l'engineering pour l'intégration des outils de prise d'image (visible / IR) et de traitement (compression, transmission) sur la plateforme de protection de la tête.

5.2.2 CEA

Le CEA-LETI est impliqué sur la fourniture de la transmission vidéo intégrée dans le casque (antenne agile en fréquence et protection de tête, modules de compression et de transmission radio). Outre les études de performance par simulation qui requièrent l'usage d'outils appropriés et de stations de travail et d'ingénieurs spécialisés en antennes et propagation des ondes électromagnétiques, traitement du signal, une part importante du travail se

focalisera sur la modélisation, la simulation et la réalisation de dispositifs électroniques.

Le CEA-FLS (Formation Locale de Sécurité) organisera et participera aux essais effectués sur le site du CEA-Grenoble. Ces essais serviront essentiellement à la mise au point des matériels et à la qualification de ceux-ci (performances, couverture, robustesse, etc.) en environnements complexes du point de vue propagation radio mais standards du point de vue intervention (pas de feu, pas de fumée, pas de chaleur, etc.).

5.2.3 ESIEE

L'ESIEE amènera sa compétence dans le développement du segment de communication entre le PC pompier et le PC de crise qui reposera sur une interface air WiMAX. Cette tâche reposera sur la mise en œuvre de techniques de compression vidéo et de diffusion prenant en compte les contraintes venant d'une part des flux d'information et d'autre part de leurs exploitations au sein du PC pompier et du PC de crise.

L'ESIEE sera notamment responsable de la mise en œuvre du démonstrateur concernant ce segment.

5.2.4 SDIS 89

Le SDIS amènera sa connaissance et son expertise opérationnelle afin de définir les objectifs et les scénarios de validation.

L'évaluation par des personnels issus d'unités opérationnelles et l'analyse de l'adéquation du système réalisé avec la réalité du terrain seront également une des missions du SDIS.

5.2.5 Autres intervenants

Au fur et à mesure de l'avancement du projet et au moment de chaque point de validation, le groupe de projet prévoit de solliciter des experts / utilisateurs extérieurs afin de valider avec eux les choix qui auront été faits.

Ce groupe d'experts, dont la composition pourra évoluer au cours du projet, constitue un « comité de suivi du projet ». Il inclura, entre autres, le service Sécurité du site CEA de Grenoble qui est l'un des initiateurs du projet.

Références

- [1] P. Schelkens, F. Decroos, and G. Lafruit. *Implementation of an Integer Wavelet Transform on a Parallel TI TMS320C40 Platform*. Technical report, Dept. ETRO Vrije Universiteit Brussel – Dept. DESICS IMEC, 1999
- [2] O. Venard, R. Lioni, and Y. Blanchard. *Single chip FPGA realization of a 2D Multicomponent Wavelet Transform*. Technical report, ESYCOM-ESIEE Equipe Système de Communication – CEA-LETI/DCIS, 2003.
- [3] Q. Zhang, W. Zhu, and Y-Q. Zhang, *Resource allocation for multimedia streaming over the internet*, *IEEE Trans.on Multimedia.*, vol. 3, no. 3, pp. 339-355, September 2005

- [4] H. Yaghoobi, *Scalable OFDMA Physical Layer in IEEE 802.16 WirelessMAN*, Intel Technology Journal, Vol 08, n°3, 2004
- [5] D.Ben Mohamed, *Caméra thermique 3^{ème} génération*, SOLDATS DU FEU MAGAZINE, Mai/Juin 2004
- [6] D.Ben Mohamed, D. Sarrazin, S.Giroir. *Module incendie in Mémento opérationnel à l'usage des sapeurs-pompiers* Version 3.0 – ICONE GRAPHIC Septembre 2005
- [7] D.Ben Mohamed, *La transmission vidéo sur une caméra thermique*, SOLDATS DU FEU MAGAZINE, Septembre/Octobre 2005
- [8] D.Ben Mohamed, N.Goudenove, R. Vinay et C.Zaglia. *Les phénomènes thermiques*, SOLDATS DU FEU MAGAZINE, Mars/Avril 2007