

RAPPORT DE STAGE M2

Solutions de transmission de
métadonnées

Auteurs :

Nizar ABAK-KALI
11290569

Tuteur :

M. Pierre LAMOT
M. Fabien DUTUIT

1^{er} septembre 2017

Résumé du stage

Ce stage s'est déroulé dans la société de services Smile et plus particulièrement le département Smile ECS, responsable de l'offre embarqué et IoT¹. Ainsi, mon stage s'est d'abord déroulé sous la tutelle de Pierre Lamot, expert en traitement d'images et streaming chez Smile ECS, puis sous celle de Fabien Dutuit, expert traitement de signal.

Au cours de ce stage, j'ai eu l'opportunité de travailler sur une grande variété de technologies et ainsi d'avoir la chance de pouvoir engranger un maximum de connaissances et d'expériences dans le monde de l'embarqué que je compte utiliser plus tard.

Ce stage se découpe en deux phases. Une première concentrée sur l'étude du protocole MPEG-TS ainsi que de son implémentation dans Gstreamer² puis de l'écriture d'un patch décrit plus tard dans le rapport, permettant le multiplexage de données non typé dans un flux vidéo. Puis dans un second temps, mon stage s'est plus concentré sur le projet SisellBox³, sur lequel je devais dans d'abord mettre à jour le système de provisionnement, puis implémenter une application afin de tester mon patch.

1. IoT : Internet of Things ou objets connectés

2. 4.1

3. 2.1

Table des matières

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Présentation de l'entreprise | 7 |
| 1.1 | Smile | 7 |
| 1.2 | Smile ECS | 9 |
| 2 | Présentation du sujet | 10 |
| 2.1 | Le projet SisellBox | 10 |
| 2.1.1 | SisellBox Streamer | 11 |
| 2.1.2 | SisellBox Recorder | 12 |
| 3 | Les problématiques posées | 14 |
| 4 | Présentation de l'environnement de travail | 15 |
| 4.1 | Gstreamer | 15 |
| 4.1.1 | Principes techniques | 15 |
| 4.1.2 | Présentation des composants Gstreamer | 17 |
| 4.2 | OpenCV | 17 |
| 4.3 | Protobuf | 18 |
| 4.4 | Outils de provisionnement | 19 |
| 4.4.1 | Vagrant | 19 |
| 4.4.2 | Ansible | 19 |
| 5 | Travail réalisé | 20 |
| 5.1 | Modifications du plugin Gstreamer MPEG-TS | 20 |
| 5.1.1 | Architecture de MPEG-TS | 21 |

| | | |
|--|--|-----------|
| 5.1.2 | Explication des plugins mpegtsmux et tsdemux | 21 |
| 5.1.3 | Modifications apportées au plugins | 23 |
| 5.2 | Projet SisellBox | 24 |
| 5.2.1 | Étude de l'existant | 24 |
| 5.2.2 | mise à jour du système de provisionnement | 24 |
| 5.2.3 | Application de Test | 25 |
| A Shell d'installation de Gstreamer | | 34 |
| B Header tsmux.h : énumération des différents type d'élément stream | | 35 |

Table des figures

| | | |
|-----|--|----|
| 1.1 | Agences Smile | 8 |
| 2.1 | image de la SisellBox | 10 |
| 2.2 | Cas d'utilisation du streamer | 11 |
| 2.3 | Cas d'utilisation du recorder | 13 |
| 4.1 | schéma de l'architecture de Gstreamer | 16 |
| 4.2 | Une pipeline gstreamer pour lire un fichier .ogg puis decode en vorbis | 16 |
| 4.3 | pipeline avec négociation de caps | 17 |
| 5.1 | schéma de l'encapsulation de média dans MPEG-TS | 21 |
| 5.2 | schéma d'une trame d'une section Transport Stream | 22 |

Remerciements

A l'issue de ce stage, je souhaite remercier l'équipe technique de Smile ECS⁴ de m'avoir accordé une place dans leur département d'informatique embarqué et de m'avoir permis d'effectuer mon stage de fin d'étude au sein d'une équipe compétente et conviviale. Je remercie M. Pierre Lamot, expert technique ECS, pour m'avoir soutenu et motivé pendant le stage, ainsi que beaucoup appris.

Je souhaite également remercier M. Fabien Dutuit, expert technique ECS, pour m'avoir aidé dans les difficultés que j'ai pu rencontrer, et pour ces encouragements. Finalement je remercie toute l'équipe de Smile ECS, qui m'a supporté durant ces 6 mois, et qui m'a avant tout apporté énormément aussi bien sûr le plan humain que technique.

4. Embded Computer Science

Introduction

Dans le cadre de mon master en informatique embarquée à l'université Paris 8, il est nécessaire d'effectuer un stage de fin d'études d'une durée de 6 mois en entreprise. Après avoir prospecté plusieurs offres de stage et effectué plusieurs entretiens, mon choix s'est finalement porté vers la société Smile et plus particulièrement le département embarqué. J'ai donc rejoint l'équipe de Smile ECS, filiale spécialisée en informatique embarquée et traitement des images à destination des industriels. Mon stage s'est donc déroulé du 20 Février aux 18 Août 2017 au sein de Smile ECS à Asnières sur Seine.

Chapitre 1

Présentation de l'entreprise

1.1 Smile

Fondé en 1991, Smile est devenu dès 1995 un acteur du web réputé, maîtrisant l'architecture, les techniques et les outils qui permettent de construire les plus grandes plateformes de l'Internet. Depuis 2001, Smile est intégrateur de solutions open source, c'est-à-dire que le cœur de métier de Smile est la construction de systèmes d'informations et de plateformes web intégrant les meilleures solutions open source du marché. Smile mène une forte action de veille afin d'identifier les solutions open sources les plus matures et les plus pérennes, qui apporteront un réel bénéfice de compétitivité pour les entreprises. Smile met à disposition un échantillon de cette expertise au travers de livres blancs, librement diffusés, qui sont devenus des références dans leurs domaines. Premier intégrateur spécialisé sur les solutions open source, Smile a été choisi à de nombreuses reprises par les plus grandes entreprises et administrations pour déployer ces solutions dans le cadre de projets stratégiques. Autour du cœur de métier qu'est l'ingénierie, Smile propose une palette de services étendus, qui lui permet de prendre en charge un projet dans sa globalité : consulting en amont et en accompagnement des projets, agence interactive intervenant tant en création et web design où en conseils éditoriaux, stratégiques et e-marketing, tierce-maintenance applicative (TMA), formation, support et maintien en conditions opérationnelles, et enfin hébergement et exploitation. Smile possède également un rayonnement international grâce à ses dix-sept agences réparties dans 9 pays.

Smile organise également une veille technologique importante sur l'open source, avec la rédaction de nombreux livres blancs par les différents consultants sur des sujets variés allant des solutions web d'e-commerce, en passant par les middlewares et finissant par l'embarqué. Il existe actuellement une vingtaine de livres blancs,

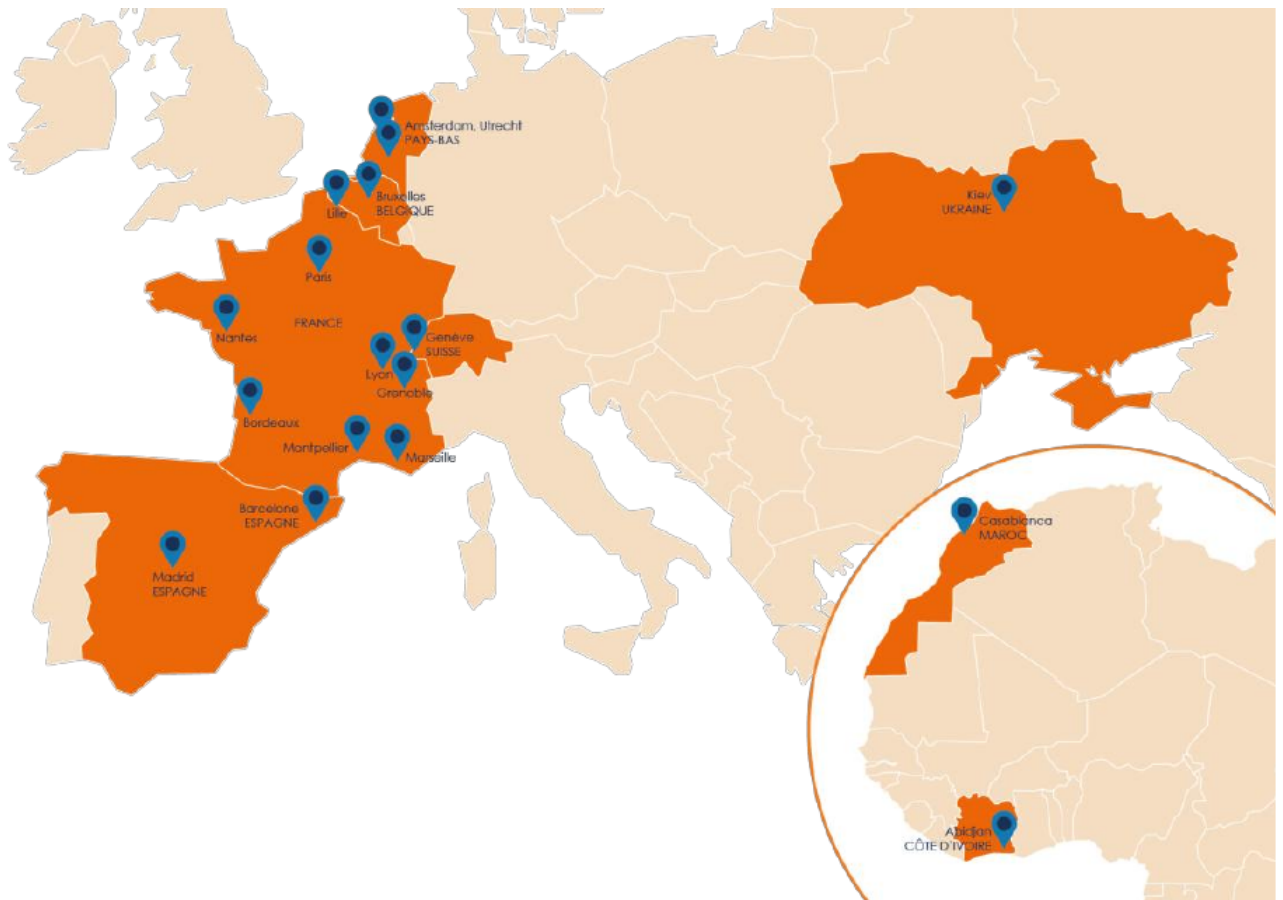


FIGURE 1.1 – Agences Smile

renouvelés tous les 2-3 ans pour inclure les nouveautés des différents techniques. Dès 2001, Smile commence à construire son expertise des solutions open source : un choix d'avenir que beaucoup de ses concurrents n'osent alors pas entreprendre. À partir de 2004, les grandes entreprises adoptent de plus en plus souvent les solutions open source. Smile occupe une position solide de leader sur ce marché qui décolle, élargissant progressivement son offre vers de nouveaux domaines – CMS, Portails, e-Commerce ; Décisionnel, Infrastructure, ERP - et créant des services associés : agence média, tierce maintenance, exploitation, système. En 2007, Smile affiche plus de 50% de croissance et inaugure trois nouvelles agences à Lyon, Nantes et Bordeaux. En 2008, Smile compte plus de 270 collaborateurs et poursuit sa croissance en se développant à l'international, notamment à Kiev en Ukraine. En 2009, Smile compte 320 collaborateurs dans le monde et poursuit son extension internationale. En juin 2009, Smile intègre Cometa Technologies S.L., basée à Barcelone et compte alors 8 agences dans le monde. En 2011, Smile regroupe 500

collaborateurs et ouvre ses agences à Bruxelles, Utrecht et Amsterdam. En 2013, Smile compte 700 collaborateurs et 17 agences. 2014 est une année importante pour Smile, avec plus de 20% de croissance sur ces cinq dernières années et près de 700 collaborateurs dans le monde. Au fil de ces années, Smile est devenu un acteur incontournable de l'open source, leader en France et en Europe. En 2015, Smile annonce être en négociations exclusives avec la société Open Wide en vue d'un rapprochement. Ceci afin d'élargir son offre et renforcer son leadership.

1.2 Smile ECS

Smile ECS, ex-Openwide est une société spécialisée dans le domaine de l'open source, rachetée par Smile. J'ai décidé d'intégrer cette entreprise pour mon stage de fin d'études à l'université Paris 8 afin d'approfondir mes connaissances dans le domaine du logiciel libre, et celui de l'embarqué. Les techniques Open source devenant de plus en plus prédominants dans le paysage informatique moderne, intégrer une société spécialisée dans celles-ci était une façon pour moi de donner un cap sur l'orientation de ma carrière professionnelle.

Ce rapport explicitera mon travail durant ce stage de fin d'études, qui a duré six mois, dont le sujet a été d'améliorer le système de transmission des données, afin de pouvoir transmettre un flux vidéo, de caméras de sécurité, avec des métadonnées calculées depuis ce flux (exemple : positions des visages détectés). Puis dans un second temps, récupérer ce flux afin de le stocker pour un visionnage ultérieur. Après une explication du cadre du stage, j'essaierai de développer les techniques utilisés lors de ce stage.

Chapitre 2

Présentation du sujet

Mon sujet s'inscrit dans un projet développé en interne, le projet SisellBox. Ainsi, je vais présenter dans un premier temps le projet, puis dans un second temps, expliquer où je m'inscrit dans le projet et ce que j'y ai contribué.

2.1 Le projet SisellBox



FIGURE 2.1 – image de la SisellBox

La SisellBox est un enregistreur développé par Open Wide permettant de déployer une solution complète de vidéo surveillance rapidement. Ce système peut être utilisé dans des contextes de mission très différents : surveillance longue durée, protection de sites sensibles, capture d'images en hautes qualité, ainsi que surveillance ponctuelle. Fonctionnant sur batterie et créant un réseau wifi maillé de façon autonome, elle ne nécessite que peu d'intervention humaine pour l'utilisation. Il suffit de brancher la batterie, brancher les caméras . L'utilisation d'algorithmes performants lui permet de détecter et d'analyser tout événement (intrusion, stationnarité, mouvement de foule) sur la base de critères précis et configurables. Le projet SisellBox se découpe en partie, deux partie, d'une part le "streamer", prenant en entrée une source vidéo "live"(par exemple une caméra de sécurité) et fournit un flux de composé de vidéo et de métadonnées. La deuxième partie, le "recorder" récupère les flux vidéo et de méta-données générées par le streamer. Les méta-données sont enregistrées en base de données ainsi que diverses informations (localisation des enregistrements vidéo entre autres)

2.1.1 SisellBox Streamer

La partie streamer de SisellBox gère la capture vidéo, l'analyse de l'image et son émission sur un réseau.

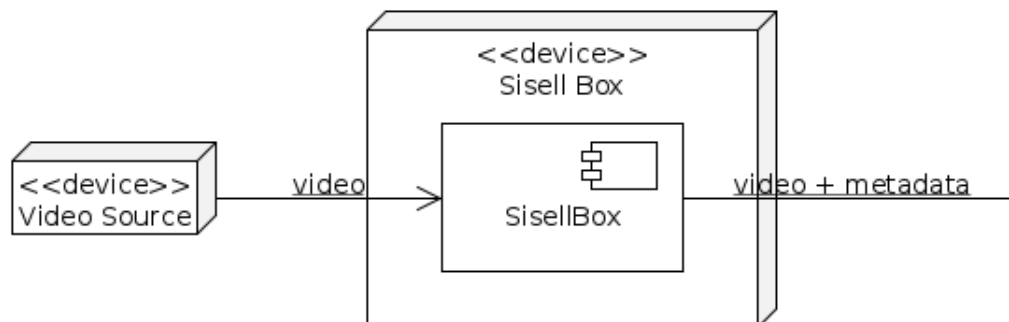


FIGURE 2.2 – Cas d'utilisation du streamer

Afin de faciliter l'inter-opérabilité de cette application, il faut se baser sur des protocoles de communications standards. La norme ONVIF, qui a pour objectif d'uniformiser les services de vidéosurveillance , préconise d'utiliser le protocole RTSP pour les émissions de flux vidéo. Le protocole RTSP (Real Time Streaming Protocol) est un protocole destiné aux systèmes de streaming multimédia. Il permet de contrôler le média à distance (jouer, mettre en pause, enregistrer, fin de

session etc.). Cela permet donc de ne pas se soucier de l'implémentation de ces fonctionnalités côté serveur et permettre le contrôle du flux via un lecteur standard type VLC sans développement supplémentaire. Le RTSP ne gère par contre pas la partie transport des données. Celles-ci sont donc émises via le protocole de transport RTP (Real-time Transport Protocol). Ainsi furent les choix technologiques pris avant mon arrivé sur le projet. Or, il s'est avéré que la norme ONVIF était trop compliquée à implémenter avec Gstreamer dû à des limitations technologiques. Il a été choisi d'encapsuler le flux de données au travers de MPEG-TS puis de le transmettre via RTP.

L'image capturée par le streamer peut ensuite être analysée par une ou plusieurs brique(s) d'analyse. Une brique d'analyse est un élément interchangeable effectuant un traitement particulier sur l'image afin d'en extraire des informations (détection de visages, reconnaissance de formes, mouvements, etc..). Actuellement, seuls quelques algorithmes d'analyse (tel que la détection de visage) ont été implémentés pour la nouvelle architecture.

Les informations extraites par la brique d'analyse sont mises sous la forme de métadonnées. Chaque trame vidéo se voit donc associée à une trame de métadonnée. Celle-ci peut être vide si aucune information n'a été extraite par l'algorithme d'analyse vidéo, mais, est, néanmoins, présente. Le flux vidéo peut être encodé avec les formats H.264 et MJPEG, afin de les transmettre sur le réseau. Le streamer doit aussi gérer des sources non-live (fichiers vidéos) de différents formats (*.mkv, *.ts, *.avi).

Du côté de l'implémentation, les briques algorithmiques de traitement d'image sont développées en C++ et en Vala. Le reste est développé en Python et en utilisant les bindings Python pour GStreamer afin d'utiliser le framework et ses plugins développés en C.

2.1.2 SisellBox Recorder

Le recorder récupère les flux vidéo et de méta-données généré par le streamer. Les méta-données sont enregistrées en base de données ainsi que diverses informations (localisation des enregistrements vidéo etc.). La vidéo est multiplexé avec les méta-données (en utilisant la piste de sous-titres) puis enregistrée sur le disque. Le recorder peut également récupérer des images (format .jpeg) d'une zone de la vidéo récupérée (par exemple un visage détecté en amont) via un élément « Snapshotter ».

Le recorder est capable de :

- Recevoir des flux vidéo et de méta-données et compatible avec au minimum :
 - protocoles réseau : RTSP/RTP

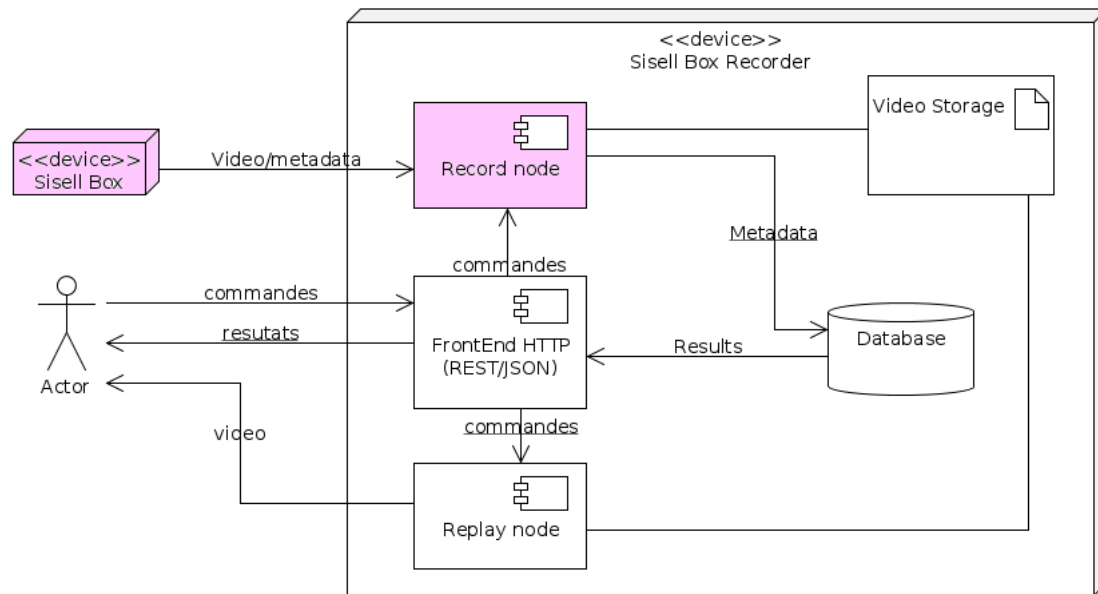


FIGURE 2.3 – Cas d'utilisation du recorder

- codecs : MJPEG et H.264
- Enregistrer les vidéos sur disque dans un format permettant de les relire ainsi que les méta-données associés, dans notre cas, nous utilisons un conteneur MPEG-TS (fichier *.ts) avec les codecs H.264 et MJPEG pour la vidéo et du binaire formatés pour les méta-données
- Stocker les métadonnées en base de donnée
- Effectué des enregistrements sur des événements. Les événements pouvant être de type :
 - Présence de méta-données
 - événement de type particulier (présence de personne, ...)

Pour la base de données, nous utilisons PostgreSQL et Postgis (extension de PostgreSQL pour la manipulation d'informations géographiques) sur une machine Debian distante. Pour la phase de développement, cette machine est virtualisée via une VM VirtualBox. Les lectures/écritures dans la base de donnée depuis le recorder se font grâce un mapping objet-relationnel (ORM) permettant de manipuler une base de données relationnelles de la même manière qu'une base de données orienté objet. Pour cela nous utilisons l'outil libre SQLAlchemy.

Chapitre 3

Les problématiques posées

Ainsi, après avoir explicité le contexte du projet, il est temps que je décrive les différentes problématiques qui m'ont été posées durant ce stage. Dans un premier temps, le projet repose sur le framework multimédia Gstreamer¹, n'ayant jamais rencontré cette technologie auparavant, il m'a fallu un temps d'auto-formation afin d'acquérir les bases pour pouvoir commencer le développement de plugins simples. Ensuite, il m'a fallu étudier les plugins qui implémentent le multiplexage et démultiplexage des données dans les fichiers MPEG-TS afin de pouvoir patcher le code.

1. cette technologie est décrite plus en détaille ici 4.1

Chapitre 4

Présentation de l'environnement de travail

Dans le cadre de ce stage j'ai eu l'occasion de travailler une plusieurs technologie, beaucoup d'entre elles m'était inconnue. Ainsi, je vais expliciter les différentes technologies sur lesquelles j'ai travaillé.

4.1 Gstreamer

GStreamer est un framework multimédia sous licence libre publié pour la première fois le 31 octobre 1999. Il est écrit en C et est initialement pensé pour être une solution concurrente à Quicktime et Direct Show sur GNU/Linux. Aujourd'hui, GStreamer est disponible pour de nombreux systèmes d'exploitation (GNU/Linux, Solaris, BSD, Android, OS X, ios, Windows, OS/400). De plus, des bindings existent pour utiliser GStreamer dans une multitude de langages de programmation en plus du C (C++, Java, Python, Vala etc).

4.1.1 Principes techniques

GStreamer est basé sur un système de pipeline. Différents éléments sont connectés entre eux par des tuyaux (pipe). Chaque élément possède des "pads" servant à les connecter aux autres. Ces pads peuvent être soit des entrées (sink) soit des sorties (source). Exemple de pipeline GStreamer : ce pipeline lit un fichier *. Ogg, en sépare les pistes et décode sa piste audio et la décode pour ensuite la jouer.

Une autre notion importante de GStreamer est celle de « capacités » (ca-

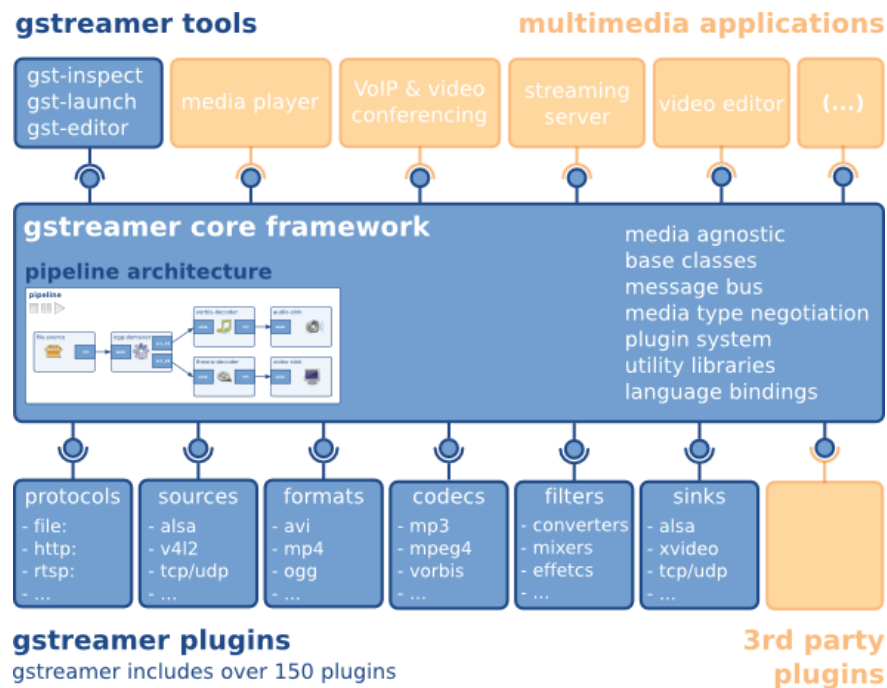


FIGURE 4.1 – schéma de l'architecture de Gstreamer

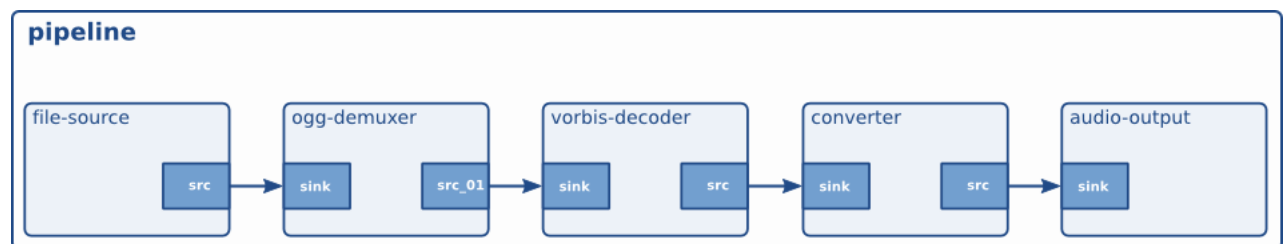


FIGURE 4.2 – Une pipeline gstreamer pour lire un fichier .ogg puis decode en vorbis

pacités) ou «caps». Il s'agit d'une liste de formats et propriétés d'un flux qu'un élément peut accepter sur un pad. Par exemple, un élément acceptant uniquement un format "vidéo/x-raw" au framerate 24/1 (24 images par seconde) ne pourra pas recevoir d'autres flux (format ou framerate différent). Ainsi les caps peuvent imposer un format, une résolution, un framerate, etc. Ce sont eux qui sont utilisés par GStreamer pour négocier la connexion entre deux éléments et choisir le type de flux qui sera utilisé (si les caps sont compatibles pour au moins un type de flux, sinon la négociation échoue).

```
gst-launch-1.0 videotestsrc ! video/x-raw, framerate=25/1, width=640, height=360 ! ximagesink
```

FIGURE 4.3 – pipeline avec négociation de caps

4.1.2 Présentation des composants Gstreamer

Le framework Gstreamer offre plusieurs types d'éléments, ou "plugins", afin d'effectuer des tâches différentes. Gstreamer fournit plus de 200 plugins différents. Ainsi, ils permettent :

- la manipulation d'objet multimédia
- gestions des entrées audio/vidéo (caméra/flux réseau)
- gestion des protocoles réseaux
- gestion des filtres
- gestion des sorties

Lors de ce stage, j'ai particulièrement travaillé avec deux types d'élément, les multiplexeurs (ou "muxers") et les démultiplexeurs (ou "demuxers"). Les muxers sont d'élément "N-to-1" qui prennent N flux en entrée puis les "entrelacent" en un seul. Particulièrement utiles lorsque l'on voudra muxer le flux vidéo avec la métadonnée. Les démuxers font l'inverse exact, ainsi, ils prennent un flux "entrelacé" puis en fournissent N.

3.2.1.2 Débogage

GStreamer possède des outils de débogage très utiles qui m'ont servi tout au long du stage. Le premier est `GST_DEBUG`. Il s'agit d'une variable d'environnement qui peut-être initialisée avec une valeur de 1 à 9 permettant d'afficher plus ou moins d'informations sur le déroulement des actions initiées par GStreamer. L'autre outil est un générateur de fichier *.dot permettant de générer une représentation graphique de la pipeline. Cela permet de vérifier que la pipeline obtenue par le programme est bien celle souhaitée lors de la conception et permet de repérer simplement et rapidement certaines erreurs.

4.2 OpenCV

Le projet contient des briques algorithmiques fonctionnant grâce à la bibliothèque OpenCV. OpenCV (pour open computer Vision) est une bibliothèque graphique libre, initialement développée par Intel, spécialisée dans le traitement

d'images en temps réel. La société de robotique Willow Garage et la société ItSeez se sont succédées au support de cette bibliothèque, Depuis 2016 et le rachat d'ItSeez par Intel, le support est de nouveau assuré par Intel.

4.3 Protobuf

Protobuf ou "Protocol Buffers" sont un mécanisme flexible, efficace et automatisé pour sérialiser des données structurées - pensez XML, mais plus petit, plus rapide et plus simple. Vous définissez comment vous souhaitez que vos données soient structurées une fois, vous pouvez utiliser un code source généré spécialement pour écrire et lire facilement vos données structurées vers et à partir d'une variété de flux de données et en utilisant diverses langues. Vous pouvez même mettre à jour votre structure de données sans rompre les programmes déployés qui sont compilés par rapport au format.

Listing 4.1 – modèle pour la structure d'un message

```
1
2 message Person {
3   required string name = 1;
4   required int32 id = 2;
5   optional string email = 3;
6
7   enum PhoneType {
8     MOBILE = 0;
9     HOME = 1;
10    WORK = 2;
11  }
12
13  message PhoneNumber {
14    required string number = 1;
15    optional PhoneType type = 2 [default = HOME];
16  }
17
18  repeated PhoneNumber phone = 4;
19 }
```

C'est à l'aide de cette technique que nous formattons les métadonnées générées par les algorithmes de traitement d'images afin de les "muxer" avec le flux vidéo.

4.4 Outils de provisionnement

4.4.1 Vagrant

Vagrant est un outil de création et de gestion d'environnements de machines virtuelles. Il est un outil qui permet de démarrer des machines virtuelles avec une configuration donnée. Un très bon moyen de mettre au point et de diffuser des environnements de travail, et ce, de manière reproductible. Vagrant permet donc d'éviter le syndrome « works on my machine ». Plusieurs cas d'usage sont possibles. Le plus courant est celui de faire concevoir un environnement de développement à partir de zéros . Ensuite, à partir d'un VagrantFile¹ il suffit de saisir "vagrant up" et on dispose d'un environnement de développement.

4.4.2 Ansible

Écrit en Python, Ansible est un outil Open Source qui permet l'automatisation de tâches. Grâce à lui, nous gérons nos configurations de VM plus facilement, et de façon automatique grâce à l'exécution de tâches sur des groupes d'hôtes. Il n'utilise pas de client, d'agent, sur les hôtes clients mais nécessite uniquement une partie serveur Ansible, forcément sous Linux. Par ailleurs, Ansible peut éventuellement être utilisé à des fins de contrôle, par exemple pour s'assurer que certains services soient exécutés sur un groupe de machine. Sachant qu'il est possible de développer ses propres tâches grâce aux langages YAML.

1. fichier de configuration de vagrant.

Chapitre 5

Travail réalisé

Dans ce chapitre je décrirai les tâches accomplies lors de ce stage, ainsi que les difficultés rencontrées.

5.1 Modifications du plugin Gstreamer MPEG-TS

Comme expliqué précédemment, mon stage s'inscrit dans une continuité, et donc a pour but d'améliorer le système déjà présent. Avant ma participation au projet, le système prenait des flux vidéo de sources différentes (caméras de sécurité, fichier vidéo, etc.), pour ensuite faire passer ce flux vidéo par des briques algorithmiques de traitement d'images (détection des visages, détection de mouvement...). De ce traitement d'images on extrait des métadonnées, dans le cas de la détection de visages nous obtenons des rectangles représentant la surface recouvrant les visages. Ces métadonnées étaient formatées au format ONVIF¹. Le flux vidéo et le flux de métadonnées sont "temporisés", afin qu'ils soient synchronisés plus tard, puis ils sont ajoutés au conteneur MKV² pour la transmission. Ainsi, le flux de métadonnées était passé en sous-titres dans le fichier MKV. Or, le format MKV recevait les métadonnées formatées au format ONVIF (sous forme XML), il reformatait de nouveau ce flux, ce qui corrompait les métadonnées. C'est de cette problématique que découle mon stage, on avait besoin de transmettre le flux vi-

1. ONVIF où "Open Network video interface Forum" est une convention internationale, qui a pour but de faciliter le développement du standard pour l'interfaçage des produits de sécurité avec adresse IP, exemple caméra de sécurité

2. le format MKV (Matroska Video) est un format vidéo entièrement libre. Plus exactement il s'agit d'un conteneur (d'où le nom Matroska, en référence aux poupées russes) permettant de contenir de la vidéo (Divx, Xvid, RV9, etc.), du son (MP3, Ogg, MP2, AC3, DTS, AAC, PCM), ainsi que des sous-titres (SRT, ASS, SSA, USF, etc.) dans un même fichier.

déo/métadonnées au travers d'un protocole standard sans avoir modifié le format des métadonnées. Ainsi nous nous sommes intéressés au protocole MPEG-TS.

5.1.1 Architecture de MPEG-TS

MPEG-TS ou MPEG Transport Stream permet de contenir du flux digital (audio, vidéo, ou bien privé tel que des sous-titres). Il intègre aussi la synchronisation de flux et la correction d'erreur lors d'une perte de paquet. L'autre intérêt de MPEG-TS est qu'il peut contenir plusieurs "programmes" dans un flux. Chaque programme peut contenir N flux vidéo ou audio ou privés. Chacun de ces flux à un identifiant ou "PID"³ et chaque programme a un PID⁴. Les programmes sont enregistrés dans une PMT⁵ une table des programmes regroupant les différents programmes. Les PMT sont ensuite enregistrés dans une PAT⁶.

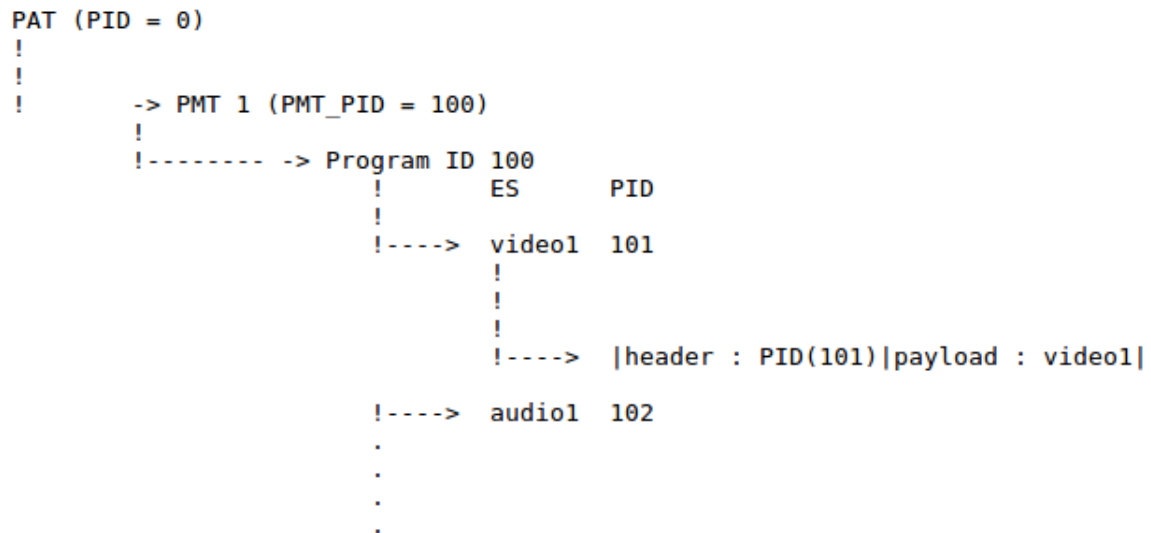


FIGURE 5.1 – schéma de l'encapsulation de média dans MPEG-TS

5.1.2 Explication des plugins mpegtsmux et tsdemux

Suite à l'étude de MPEG-TS au niveau architecturale, je me suis mis à étudier et à comprendre le code de l'implémentation sous Gstreamer. L'implémentation

3. Packet ID

4. dans ce cas si PID veut dire Program ID

5. Programme Map table

6. Programme Association table

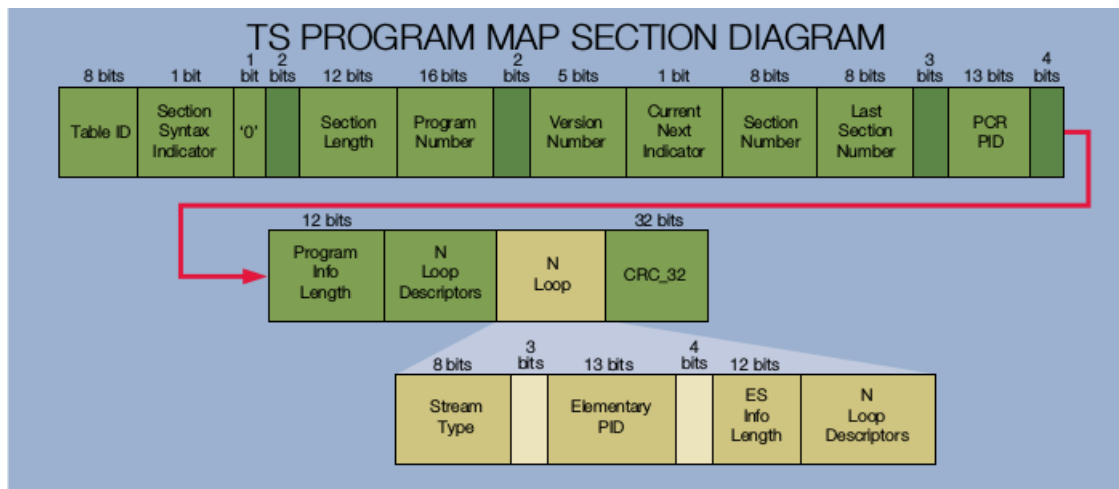


FIGURE 5.2 – schéma d'une trame d'une section Transport Stream

se compose en deux parties, la partie "multiplexage", et la partie "démultiplexage". Comme presque tous les plugins, elle est codée en C avec la librairie GObject⁷.

Le plugin mpegtsmux Le multiplexage se fait au travers du plugin **mpegtsmux**. Le flux de données entre depuis le pad d'entrée⁸ avec une négociation des caps qui donne le type multimédia du flux (exemple : vidéo/x-raw, qui est un flux vidéo pur sans encodage) puis le flux est découpé en paquets "temporisés", et identifiés. Tous les flux sont traités de cette manière. Ensuite tous les paquets sont "entrelacés" dans un seul flux puis mis à disposition sur le pad de sortie.

Le plugin mpegtsdemux Le démultiplexage fonctionne à l'inverse. Les paquets reçus sont analysés par **tsparse**, plugin qui parse les paquets TS et qui les donne à **mpegtsdemux**. Ensuite le mpegtsdemux refabrique les différents flux et crée un pad à la demande (ou "request pad" dans la littérature anglophone) par flux. Il suffit donc de se connecter à ces pads de sortie pour avoir le flux que l'on souhaite.

7. GObject est une interface de programmation et une bibliothèque logicielle multiplateformes publiée sous licence libre (LGPL), qui permet de manipuler des objets, ainsi que d'avoir accès à une palette d'objets élémentaires. De plus, GObject s'interface très bien avec d'autres langages de programmation comme Python ou bien Vala.

8. cf. ??

5.1.3 Modifications apportées au plugins

Ajout d'un nouveau types élémentaire : Les plugins permettent de muxer et demuxer du flux multimédia connu, dont le type multimédia à un code⁹. Or pour des raisons d'interopérabilité avec d'autres plateformes et logiciels nous avons décidé de créer un nouveau type élémentaire dans le code. Ce type est ajouté aux deux plugins¹⁰.

Modifications du muxer pour accepter le nouveau type : Après avoir ajouté un nouveau type élémentaire, il faut que lorsque le muxage soit fait, on puisse identifier le flux avec son type et lui donner son ID . Cela est fait en modifiant la méthode `mpegtsmux_create_stream`. Lors de la négociation des caps on récupère le type du flux, ici "application/x-private". Ensuite on test le type et on attribut le l'"element stream type" pour le flux, dans notre cas `TS-MUX_ST_PS_PRIVATE`. Ensuite on attribut le PID du flux, grâce à la méthode de `tsmux_create_stream`, soit en passant un entier de 32 bit, soit la méthode boucle jusqu'à trouvé un PID vacant.

modifications du demuxer : Les modifications du démuxer sont plus simples puisqu'il s'agit récupérer un flux de type "application/x-private" puis d'ouvrir un pad de sortie et de fournir le flux demandé . Pour ce faire j'ai ajouté un test dans la méthode "create_pad_for_stream" puis j'ai créé les caps qui convenaient.

Listing 5.1 – création de caps pour le flux sortant

```
...
case DRF_ID_XPRIVATE:
    sparse = TRUE;
    is_private = TRUE;
    caps = gst_caps_new_simple ("application/x-private",
                                "parsed", G_TYPE_BOOLEAN, TRUE, NULL);
    break;
...
```

Après test j'ai pu transmettre du flux vidéo accompagné de données générer aléatoirement et donc pue passer à la deuxième partie de mon stage .

9. cf. https://en.wikipedia.org/wiki/Program-specific_information#Elementary_stream_types

10. cf. ??

5.2 Projet SisellBox

Pour la seconde phase de mon stage, il m'a été attribué de modifier et d'automatiser le système de provisionnement du système tournant sur VM. et ensuite de tester les plugins MPEG-TS dans le contexte de projet.

5.2.1 Étude de l'existant

J'ai dans un premier temps étudié le projet dans son ensemble, voici une description non exhaustive du projet

ansible : contient tout ce qui concerne le provisionnement de la machine VM ainsi que la gestion des VMs avec Vagrant.

dataset : contient des vidéos de tests .

httpproxy : contient les configurations du serveur web nginx.

sboxweb : contient l'interface web du projet, contenant le backend codé en Python Flaskr.

simple_stream : contient l'application de test que j'ai développée.

sisell_éléments : contient les briques algorithmiques de traitement d'images et interfacé avec Gstreamer sous forme de plugins

5.2.2 mise à jour du système de provisionnement

La nouvelle architecture qui m'a été demandé d'implémenter à pour but de simplifier la compréhension du système de provisionnement mais aussi de simplifier les modifications futures. La découpe est la suivante :

- 1 **_devenv** une brique réservée au provisionnement des outils qui mette en place un environnement de développement
- 2 **_streamers** partie installe les outils de développement nécessaires au streamer, principalement les paquets Gstreamer
- 3 **_streamers_dev** rôles qui cherche les sources Gstreamer, les configure, les compile, et enfin fabrique des paquets Debian pour faciliter la gestion de ces paquets
- 4 **_control** script qui compile et installe toutes sources et librairies qui sont responsables du contrôle au sens le plus abstrait de l'application. On peut y trouver les librairies grpc et Protobuf, ainsi que leurs binders Python.
- 5 **_algo** brique consacré à l'installation des librairies Open Cv.

Listing 5.2 – exemple de rôles Ansible

```

- name: Install Mysql package
yum: name={{ item }} state=present
with_items:
  - mysql-server
  - MySQL-python

- name: Configure SELinux to start mysql on any port
seboolean: name=mysql_connect_any state=true persistent=yes
when: sestatus.rc != 0

- name: Create Mysql configuration file
template: src=my.cnf.j2 dest=/etc/my.cnf
notify:
  - restart mysql

- name: Start Mysql Service
service: name=mysqld state=started enabled=yes

- name: Create Application Database
mysql_db: name={{ dbname }} state=present

- name: Create Application DB User
mysql_user: name={{ dbuser }} password={{ upassword }}
```

Ensuite, pour créer une machine virtuelle à l'aide Vagrant et la provisionner, il suffit de taper la commande :

```
vagrant up --provision
```

Une VM est lancée on peut donc y accéder depuis un lien ssh sécurisé que Vagrant fournit :

```
vagrant ssh
```

5.2.3 Application de Test

La finalité de mon stage fut de pouvoir streamer un flux MPEG-TS contenant un flux vidéo, et des métadonnées obtenues depuis des algorithmiques de traitement d'images, au travers du protocole RTP. Ainsi mon but a été de transmettre depuis une VM jusqu'à ma machine. Voici les pipelines réalisées :

Coté streamer :

```

GST_DEBUG=3 GST_DEBUG_DUMP_DOT_DIR=./stream \
gst-launch-1.0 filesrc location=/dataset/videoMP4.mp4 do-timestamp=true !\
  decodebin ! video/x-raw,format=I420 ! tee name=src \
mpegtsmux name=m ! video/mpegts ! rtpmp2tpay ! udpsink host=10.1.75.173 port=5555
src. ! queue name=post_face_queue max-size-time=0 max-size-bytes=0\
  max-size-buffers=0 ! videoconvert ! video/x-raw,format=BGR ! \
  owfacedetect name=face !\
    capssetter caps="application/x-private,parsed=true"\
  replace=true join=false ! m. \
src. ! queue name=video_q ! x264enc ! m.

```

La pipeline ci-dessus est celle qui se charge de streamer. On peut lire les variables `GST_DEBUG` et `GST_DEBUG_DUMP_DOT_DIR` qui sont utiles pour avoir des logs plus verbeux et indiqués où l'on veut que les graphes ".dot" soit générés. Le plugin **filesrc** cherche le fichier MP4, le lit, et le fournit sur son pad de sortie. La propriété "do timestamp" est mise à true afin que le plugin écrive des paquets temporisés. le flux vidéo et ensuite donné à un élément appelé **decodebin**. Il va se charger de décoder le flux et retourner sur son pad se sortit le type demandé en caps, ici "vidéo/x-raw, format=I420". la vidéo décodée va être récupérée par l'élément **tee** que l'on nomme "src". Il se charge de dupliquer sur le flux pour autant de branches qui demandent. La première fournie est celle-ci reliée au plugin **mpegtsmux** patché, tandis que la deuxième branche convertit l'encodage des couleurs du flux vidéo d'I420 vers du BGR¹¹ pour le plugin de détection **owfacedetect**. Les métadonnées sont ensuite données, post-négociation de caps, au multiplexeur. Il en va de même pour la vidéo qui est encodée en H.264 par **x264enc**. Le muxer produit des paquets TS qu'il fournit au plugin **rtpmp2tpay** qui les empaquette dans des paquets RTP pour ensuite les envoyer par UDP grâce au plugin **udpsink**.

Coté recoder :

```

GST_DEBUG=4 GST_DEBUG_DUMP_DOT_DIR=./record \
gst-launch-1.0 udpsrc port=5555 ! application/x-rtp,media=video,clock-rate=90000,\
  encoding-name=MP2T ! rtpmp2tdepay ! tsparse ! tsdemux name=d \
d.private_0041 ! queue name=meta_queue ! filesink location=lol\
d.video_0042 ! queue name=video_queue ! video/x-h264 ! h264parse ! \
  avimux ! filesink location=lol.avi \

```

11. BGR : Blue, Green, Red

Cette pipeline fait l'inverse du streamer . On récupère le flux RTP/TS au travers d'UDP, puis **rtpmp2tdepay** dés-empaquette les paquets TS. Ces derniers sont analysés par **tsparse** qui fournit au plugin **tsdemux** un flux TS à demuxer. Ensuite il suffit de lire les bons pads pour avoir ce que l'on veut. Comme par exemple ci-dessus le flux privé est sur le pad "private_0041".

Problème de trou dans le flux de métadonnées Le principal problème rencontré est la désynchronisation des flux due à un manque de métadonnées, cas qui arrive souvent dans le cas où l'on ne détecte pas de visages. La solution a été de modifier le plugin **owfacedetect** qui hérite d'une classe mère **OWCollectPadData**. Cette dernière est une classe générique qui fabrique et gère la vie d'un plugins ainsi que la gestion de pads. Nous avons donc choisit d'hériter d'une classe plus riche, **GstBaseTransform** qui offre des fonctionnalités innées comme le comblement de vide dans un flux par des **Segment**. La classe **segment** sert à signaler que le paquet transmis est vide et combien de temps.

Conclusion

Au terme de ces six mois de stage, je suis content de pouvoir dresser un bilan positif sur plusieurs points. Tout d'abord ce stage constitue ma première expérience dans une grande d'entreprise de service tel que Smile, cela m'a permis d'apprendre les méthodes de fonctionnement propres à l'industrie. Deuxièmement, les rencontres que j'ai faites durant ce stage m'ont offert une vision complètement différente sur le monde de l'embarqué. Aussi bien de la part des experts ECS, auprès desquels j'ai beaucoup appris, qu'auprès des autres stagiaires qui m'ont énormément apporté sur le plan humain. Finalement, ce stage a surtout été pour moi le moyen de m'instruire en touchant un grand panel de technologies nouvelles pour moi. Ce stage m'a conforté dans mon projet professionnel en tant qu'ingénieur dans le monde de l'embarqué GNU/Linux.

Bibliographie

Sources des plugins mpegtsmux et mpegtsdemux <https://github.com/GStreamer/gst-plugins-bad/tree/master/gst/mpegtsmux> et <https://github.com/GStreamer/gst-plugins-bad/tree/master/gst/mpegtsdemux>

How To Install and Use PostgreSQL on Ubuntu 16.04 DigitalOcean <https://www.digitalocean.com/community/tutorials/how-to-install-and-use-postgresql->

GStreamer-1.8.1 rtsp server and client on ubuntu Telecom R & D <https://telecom.altanai.com/2016/05/20/gstreamer-1-8-1-rtsp-server-and-client-on-ubuntu/>

gstreamer - Plugins : "ugly" and "bad" - Ask Ubuntu <https://askubuntu.com/questions/468875/plugins-ugly-and-bad> .

grpc <http://www.grpc.io/docs/quickstart/cpp.html> .

grpc <http://www.grpc.io/docs/quickstart/python.html> .

Projects · Dashboard · GitLab <https://gitlab.openwide.fr/> .

gst-plugins-base/gst-libs at master · GStreamer/gst-plugins-base · GitHub <https://github.com/GStreamer/gst-plugins-base/tree/master/gst-libs>

Installing OpenCV 2.4.9 in Ubuntu 14.04 LTS – Sebastian Montabone <http://www.samontab.com/web/2014/06/installing-opencv-2-4-9-in-ubuntu-14-04-lts/>

Installing OpenCV on Debian Linux | Indranil's world <https://indranilsinharoy.com/2012/11/01/installing-opencv-on-linux/> .

grpc/INSTALL.md at master · grpc/grpc · GitHub <https://github.com/grpc/grpc/blob/master/INSTALL.md> .

Gstreamer basic real time streaming tutorial | Einar Sundgren <http://www.einarsundgren.se/gstreamer-basic-real-time-streaming-tutorial/>

GStreamer Debugging - RidgeRun Developer Connection https://developer.ridgerun.com/wiki/index.php/GStreamer_Debugging#Use_standard_GStreamer_debug_output_with_filter .

manual.pdf <https://gstreamer.freedesktop.org/data/doc/gstreamer/head/manual/manual.pdf> .

open-wide / sisellbox-ng · GitLab <https://gitlab.openwide.fr/open-wide/sisellbox-ng> .

Accueil - Smile Intranet <https://intranet.smile.fr/portal/fr/web/guest/home> .

Webmail - BlueMind https://bluemind.smile.fr/webmail/?_task=mail&_mbox=INBOX&_refresh=1 .

Vim as a Python IDE | Unlogic <http://unlogic.co.uk/2013/02/08/vim-as-a-python-ide> .

Real Time Streaming Protocol - Wikipedia https://en.wikipedia.org/wiki/Real_Time_Streaming_Protocol .

toto.html <file:///home/niaba/Documents/sisellbox-ng/doc/architecture/toto.html> .

Troubleshooting GStreamer <https://gstreamer.freedesktop.org/documentation/frequently-asked-questions/troubleshooting.html> .

Gstreamer cheat sheet - MyLabWiki http://wiki.oz9aec.net/index.php/Gstreamer_Cheat_Sheet .

pygst-tutorial.pdf <https://brettviren.github.io/pygst-tutorial-org/pygst-tutorial.pdf> .

Instantiable classed types : objects : GObject Reference Manual <https://developer.gnome.org/gobject/stable/gtype-instantiable-classed.html> .

GObject Reference Manual : GObject Reference Manual <https://developer.gnome.org/gobject/stable/> .

Mpeg TS helper library : GStreamer Bad Plugins 1.0 Library Reference Manual <https://gstreamer.freedesktop.org/data/doc/gstreamer/head/gst-plugins-bad-lib.html/mpegts.html> .

gst-plugins-bad/gst-lib/gst/mpegts at master · GStreamer/gst-plugins-bad <https://github.com/GStreamer/gst-plugins-bad/tree/master/gst-lib/gst/mpegts> .

Diapo : ces bricolages de génie qui donnent envie d'acheter un Raspberry Pi <http://www.tomshardware.fr/articles/raspberry-pi-bestof-bricolage-hack,1-63056.html> .

MPEG transport stream - Wikipedia https://en.wikipedia.org/wiki/MPEG_transport_stream#PCR .

Novacut/GStreamer1.0 - Ubuntu Wiki <https://wiki.ubuntu.com/Novacut/GStreamer1.0> .

rubenrui/GstreamerCodeSnippets : Gstreamer Code Snippets in C, Python and Shell
<https://github.com/rubenrui/GstreamerCodeSnippets> .

Adding Properties <https://gstreamer.freedesktop.org/documentation/plugin-development-basics/args.html> .

Example GStreamer Pipelines - IGEP Community Wiki http://labs.isee.biz/index.php/Example_GStreamer_Pipelines .

Base MPEG-TS descriptors : GStreamer Bad Plugins 1.0 Library Reference Manual
<https://gstreamer.freedesktop.org/data/doc/gstreamer/head/gst-plugins-bad-lib/html/gst-plugins-bad-libs-Base-MPEG-TS-descriptors.html> .

Creating special element types <https://gstreamer.freedesktop.org/documentation/plugin-development/element-types/index.html> .

GStreamer and in-band metadata - RidgeRun Developer Connection https://developer.ridgerun.com/wiki/index.php/GStreamer_and_in-band_metadata .

Novacut/GStreamer1.0 - Ubuntu Wiki https://wiki.ubuntu.com/Novacut/GStreamer1.0#audio.2Ffx-raw.2C_video.2Ffx-raw .

cerbero-docs/start.md at master · centricular/cerbero-docs <https://github.com/centricular/cerbero-docs/blob/master/start.md> .

centricular/cerbero : GStreamer's Cerbero forked to add Meson and MSVC support
<https://github.com/centricular/cerbero> .

GstPlugin : GStreamer 1.0 Core Reference Manual <https://gstreamer.freedesktop.org/data/doc/gstreamer/head/gstreamer/html/GstPlugin.html> .

YBlog - Learn Vim Progressively <http://yannesposito.com/Scratch/en/blog/Learn-Vim-Progressively/> .

The Basics of Writing a Plugin <https://gstreamer.freedesktop.org/documentation/plugin-development/basics/index.html> .

Things to check when writing an element <https://gstreamer.freedesktop.org/documentation/plugin-development/appendix/checklist-element.html> .

Shared Libraries <http://tldp.org/HOWTO/Program-Library-HOWTO/shared-libraries.html> .

Install Qt 5 on Ubuntu - Qt Wiki https://wiki.qt.io/Install_Qt_5_on_Ubuntu .

Vim Awesome <http://vimawesome.com/> .

Base MPEG-TS descriptors : GStreamer Bad Plugins 1.0 Library Reference Manual
<https://gstreamer.freedesktop.org/data/doc/gstreamer/head/gst-plugins-bad-lib.html/gst-plugins-bad-libs-Base-MPEG-TS-descriptors.html#GstMpegtsDescriptor-s> .

Base MPEG-TS sections : GStreamer Bad Plugins 1.0 Library Reference Manual
<https://gstreamer.freedesktop.org/data/doc/gstreamer/head/gst-plugins-bad-lib.html/gst-plugins-bad-libs-Base-MPEG-TS-sections.html> .

MPEG-2 TS Overview http://cmm.khu.ac.kr/korean/files/02.mpeg2ts1_es_pes_ps_ts_psi.pdf .

Packetized elementary stream - Wikipedia https://en.wikipedia.org/wiki/Packetized_elementary_stream .

GStreamer-devel - Gstreamer-1.0 blacklisted entries <http://gstreamer-devel.966125.n4.nabble.com/Gstreamer-1-0-blacklisted-entries-td4671087.html> .

DevDocs — Offline <https://devdocs.io/offline> .

Example GStreamer Pipelines - Texas Instruments Wiki http://processors.wiki.ti.com/index.php/Example_GStreamer_Pipelines .

GStreamer Debugging - RidgeRun Developer Connection https://developer.ridgerun.com/wiki/index.php/GStreamer_Debugging .

gst-launch-1.0 <https://gstreamer.freedesktop.org/documentation/tools/gst-launch.html#environment-variables> .

Basic tutorial 11 : Debugging tools <https://gstreamer.freedesktop.org/documentation/tutorials/basic/debugging-tools.html#the-debug-log> .

Sisselbox | Trello <https://trello.com/b/20788DTs/sisselbox> .

GStreamer Typefinding and Dynamic Pipelines - Part 2 · pyVision <https://pi19404.github.io/pyVision//2014/12/17/21/> .

OpenVPN < Systeme/ConfigPostes < Foswiki https://wiki.smile.fr/view/Systeme/ConfigPostes/OpenVPN#Installation_client_Linux_40Debian_45_Ubuntu_41 .

Good patching practice <http://en.tldp.org/HOWTO/Software-Release-Practice-HOWTO/patching.html> .

7 Patch Command Examples to Apply Diff Patch Files in Linux <http://www.thegeekstuff.com/2014/12/patch-command-examples> .

Developer Guide Protocol Buffers <https://developers.google.com/protocol-buffers/docs/overview#what-are-protocol-buffers> .

Annexe A

Shell d'installation de Gstreamer

`https://gist.github.com/nizarAbak-kali/e0e2166b8d363391e79424fa2bebd4a3`

Annexe B

Header tsmux.h : énumération des différents type d'élément stream

Listing B.1 – extrait du header tsmux.h enumerant les différents types connues

```
/* Stream type assignments
 *
 * 0x00 ITU-T | ISO/IEC Reserved
 * 0x01 ISO/IEC 11172 Video
 * 0x02 ITU-T Rec. H.262 | ISO/IEC 13818-2 Video or
 *      ISO/IEC 11172-2 constrained parameter video
 *      stream
 * 0x03 ISO/IEC 11172 Audio
 * 0x04 ISO/IEC 13818-3 Audio
 * 0x05 ITU-T Rec. H.222.0 | ISO/IEC 13818-1
 *      private_sections
 * 0x06 ITU-T Rec. H.222.0 | ISO/IEC 13818-1 PES
 *      packets containing private data
 * 0x07 ISO/IEC 13522 MHEG
 * 0x08 ITU-T Rec. H.222.0 | ISO/IEC 13818-1 Annex A
 *      DSM CC
 * 0x09 ITU-T Rec. H.222.1
 * 0x0A ISO/IEC 13818-6 type A
 * 0x0B ISO/IEC 13818-6 type B
 * 0x0C ISO/IEC 13818-6 type C
 * 0x0D ISO/IEC 13818-6 type D
 * 0x0E ISO/IEC 13818-1 auxiliary
 * 0x0F-0x7F ITU-T Rec. H.222.0 | ISO/IEC 13818-1 Reserved
```

```

    * 0x80-0xFF User Private
    */
enum TsMuxStreamType {
    TSMUX_ST_RESERVED                = 0x00 ,
    TSMUX_ST_VIDEO_MPEG1              = 0x01 ,
    TSMUX_ST_VIDEO_MPEG2              = 0x02 ,
    TSMUX_ST_AUDIO_MPEG1              = 0x03 ,
    TSMUX_ST_AUDIO_MPEG2              = 0x04 ,
    TSMUX_ST_PRIVATE_SECTIONS         = 0x05 ,
    TSMUX_ST_PRIVATE_DATA             = 0x06 ,
    TSMUX_ST_MHEG                     = 0x07 ,
    TSMUX_ST_DSMCC                    = 0x08 ,
    TSMUX_ST_H222_1                   = 0x09 ,

    /* later extensions */
    TSMUX_ST_AUDIO_AAC                = 0x0f ,
    TSMUX_ST_VIDEO_MPEG4              = 0x10 ,
    TSMUX_ST_VIDEO_H264               = 0x1b ,
    TSMUX_ST_VIDEO_HEVC               = 0x24 ,
    TSMUX_ST_VIDEO_JP2K = 0x21 ,

    /* private stream types */
    TSMUX_ST_PS_AUDIO_AC3              = 0x81 ,
    TSMUX_ST_PS_AUDIO_DTS              = 0x8a ,
    TSMUX_ST_PS_AUDIO_LPCM             = 0x8b ,
    TSMUX_ST_PS_DVB_SUBPICTURE         = 0x8c ,
    TSMUX_ST_PS_TELETEXT               = 0x8d ,
    TSMUX_ST_PS_KLV                    = 0x8e ,    /* only used internally */
    TSMUX_ST_PS_OPUS                   = 0x8f ,    /* only used internally */
    TSMUX_ST_PS_DVD_SUBPICTURE         = 0xff ,

    /* Non-standard definitions */
    TSMUX_ST_VIDEO_DIRAC               = 0xD1
};

```