Défis de la communication radio multi-robots

Matthieu Herrb

Robotex Techdays 2015

Introduction

Motivations :

- Source de problèmes sans fin dans expérimentations réelles,
- Expériences de liaisons radio sur toutes sortes de robots depuis près de 20 ans
- Tetaneutral.net & FFDN,..
- Essayer d'explorer/développer des solutions pratiques plutôt que de faire de la recherche sur le sujet.

Spécifications

- Environnement mono ou multi-robots de taille humaine (quelques dizaines de mètres à plusieurs kilomètres)
- Communications radio « standard » (bandes libres, tél. mobile; à l'exclusion de bandes soumises à licences)
- Perturbations (obstacles,...)
- Robots qui peuvent tomber en panne
- Télé-opération / debug / autonome
- Débits / latence
- Interférences ; gestion des fréquences

Le cas de TCP

Wikipedia : « Transmission Control Protocol (littéralement, « protocole de contrôle de transmissions »), abrégé TCP, est un protocole de transport fiable, en mode connecté, documenté dans la RFC 7931 de l'IETF. »

Mais :

- timeouts très longs (plusieurs minutes)
  - difficile de détecter une perte de connexion
  - retards dans la transmission des données
- reprise en cas de déconnexion lourde
- algorithmes de contrôle de congestion peu adaptés pour environnement wifi dynamique
- *bufferbloat*

À éviter... (mais reste largement utilisé en robotique pour communications radio)

Élements de solutions

- Ne pas utiliser de sockets TCP directement
  $\rightarrow$ isoler les communications « externes »
  dans des composants dédiés
- Privilégier UDP
- Réseaux mesh / ad-hoc / WDS
- Communication multi-modale (Wifi/3G/...)
- Monitorer la qualité du signal / de la communication
- Prendre en compte la communication au niveau de la navigation / supervision

UDP

Exemple : projet COMETS (2003-2005)
coopération entre UAVs « lourds » et station centrale :

- Middleware spécifique : **BBCS**
- Tableau noir partagé entre les robots et station centrale
- Utilisable sur plusieurs supports : liaison série, UDP, TCP
- Contrôle explicite de la bande passante pour éviter saturation
- Retours sur la qualité des communications
- Au départ architecture type blackboard
  $\rightarrow$ revue pour permettre supervision
- Pas libre (et probablement plus maintenu) :-(

Composants dédiés

- Isole les composants internes
  - pas de blocage
  - pas besoin de dupliquer code de reprise sur erreurs
- Centralise les problématiques
  - qualité des liens
  - nommage/adressage
  - pertes de communications
  - reconfiguration

Exemples : **Martha** (1997-2000) : CI, IRC, **urus** (2006-2009)

Réseaux mesh / Ad Hoc

Nombreux résultats théoriques (simulation)

Exemple de résultat pratique : RT-WMP

- développé au CUD de Saragosse
- contexte : collaboration multi-robots pour défense civile
- protocole à passage de jeton
- utilise le mode Ad-Hoc de IEEE-802.11
  - temps borné de bout en bout
  - supporte plusieurs HOP
  - gestion de priorités

Communication multi-modale

Nombreux media de communication disponibles :

- Wifi 2.4GHz / 5 GHz
- Liens radios série (866MHz)
- Zigbee, Bluetooth & co
- 3G / 4G / LTE
- câbles

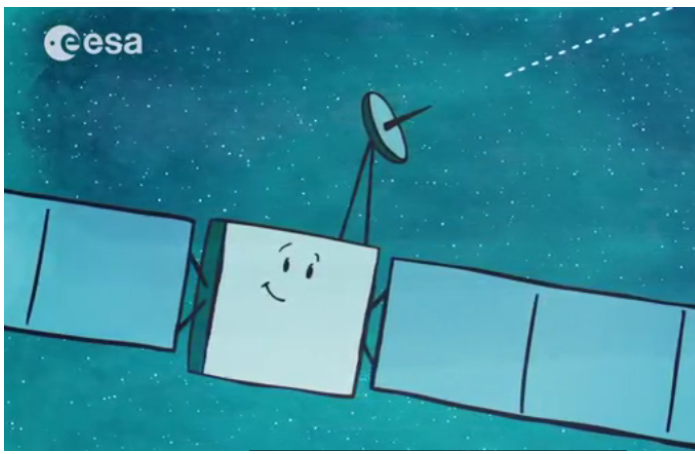
Plusieurs approches possibles :

- Explicite : changements de mode décidés par opérateur
- Implicite : transparente

Dans tous les cas : politique de choix du mode...

Prise en compte de la qualité de communication

- Filtrage des données des dispositifs radio
- Cartographie du niveau de communication
- Contraintes externes (rendez-vous avec relais)
- Planification des actions de communication
- Déformations des trajectoires pour garantir communications
- Actions de relais de communication



Sécurité

- Authentification mutuelle robot / robot ; robot / station
- Chiffrement des données transmises
- Protection contre déni de service
- Détection des attaques ; remontée d'alertes

« Y'à qu'à »

Contraintes de la vraie vie

Communication « shell » avec un robot...
TCP mais outils :

- tmux (screen)
- mosh
- NX / x2x / x2go $\rightarrow$ sessions X windows

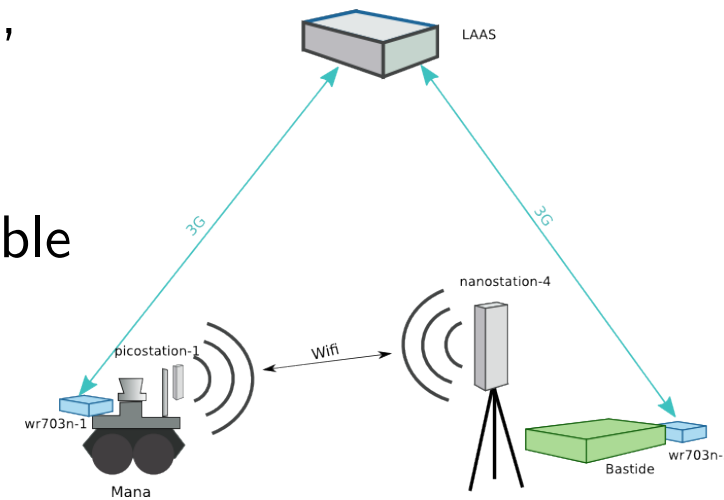
Partage de la bande passante avec données opérationelles ?

Robobox : Un relais multi-mode transparent

Principe : un VPN sur UDP capable d'utiliser plusieurs médias dans un routeur Wifi sous Linux (OpenWRT)

- inspiration : PR2
- possibilités : filaire / Wifi (plusieurs bandes) / 3G
- interface de contrôle / monitoring

> OpenVPN : impact sur performance non négligeable.
> Tests Tinc : Arrive à 50Mb/s sur 65Mb/s, mais consomation CPU importante (x86)
> Tester avec GRE (avec ou sans IPSec) : directement dans le noyau → charge plus faible
> Intégrer dans OpenWRT



Conclusion

- Améliorer les pratiques
- Standardiser des outils
- Suivre les progrès des technologies radio / IoT / M2M

Questions ?