D4 - Linux temps réel

Linux temps réel avec le patch RT-Preempt et Xenomai

Objectifs

- Comprendre la programmation temps réel
- Découvrir les différentes solutions sous Linux
  - Le patch Preempt_RT
  - Xenomai
  - Drivers et réseau temps réel avec Xenomai
  - Programmer avec Xenomai

Environnement du cours

- Un PC pour deux stagiaires, avec Linux et Xenomai sur une carte cible
- Support de cours imprimé

Prérequis

- Maîtrise de la programmation applicative Linux (cours D0 - Programmation en mode utilisateur Linux)
- Connaissance du Linux embarqué (cours D1 - Linux embarqué avec Buildroot et Yocto)
- Pour RTDM, programmation de drivers Linux (cours D3 - Drivers Linux)
- Notions de programmation temps réel (cours RT1 - Programmation Temps-Réel et Multi-Cœurs)

Audience visée

- Tout ingénieur ou technicien en systèmes embarqués possédant les prérequis ci-dessus.

Plan du cours

Premier jour

Présentation de Linux

- Linux
  - Historique
  - Gestion des versions
- Les différentes licences utilisées par Linux (GPL, LGPL, etc)
- Les distributions Linux
- Architecture et modularité de Linux

Le démarrage de Linux

- Paramètres du kernel Linux
- La séquence de démarrage de Linux
- Les différents systèmes d'initialisation (busybox init, system V init, systemd)
- Démarrer automatiquement un système embarqué

Le kernel Linux

- Télécharger le code source stable
  - Récupérer une archive tarball
  - Utiliser GIT
- Configurer le kernel
- Compiler le kernel et ses modules
  - Le système de build de Linux
  - Modules livrés dans l'arbre des sources
  - Modules hors arbre des sources
- Installer le kernel et les modules
- Le Device Tree de Linux

Deuxième jour

Programmation temps réel

- Ordonnancement
- Threads
  - Définition d'un thread
  - Threads POSIX
- Primitives de synchronisation et de communication
  - Mutex et variables de condition
  - Barrières
  - Sémaphores
  - Files de messages
- Données propres à un thread
- Problèmes classiques du temps réel
  - Interblocages
  - Live-Locks
  - Inversion de priorité

Outils de débogage et d'analyse

- L'infrastructure de traçage du kernel
  - Tracepoints
  - Le traceur de fonctions ftrace
  - Kprobes
  - Traceurs d'événements
- La mesure de performance dans le kernel Linux
  - Perfcounters
  - Perf events
- Déboguer le kernel à l'aide des traces
- LTTng

Troisième jour

Les solutions temps réel pour Linux

- Les spécificités du temps réel
- Pourquoi Linux n'est pas temps réel
- Options de configuration du kernel vanilla
- Le patch Preempt_RT
- L'approche par co-kernel

Xenomai

- Architecture
  - Adeos

    - Skins
    - Shadow threads et domaines d'ordonnancement
- Les schedulers de Xenomai
    - Les schedulers de classe temps réel
    - Les schedulers de classe Weak
- Configurer Xenomai

Quatrième jour

Programmation Xenomai

- Les skins de Xenomai
    - POSIX
    - RTDM
- Spécificités de la skin POSIX
- Programmer des drivers RTDM
    - Créer un module kernel
    - Intégration dans le Linux Device Model
- Les traces Xenomai
- Porter vers Xenomai

RTNet

- Présentation de RTNet
    - Architecture
    - Non-déterminisme d'Ethernet
    - Time Division Multiple Access
- Configuration
- Programmation réseau avec RTNet