Logilin formations

Temps réel sous Linux

Suivant les contraintes temporelles imposées par le projet , plusieurs possibilités s'offrent pour le développement applicatif sous Linux.

Depuis les processus ordonnancés en soft-realtime (temps réel souple) par le noyau standard jusqu'aux extensions s'appuyant sur des micro-noyaux hard-realtime (temps réel strict) comme Xenomai, ce cours vous propose un cheminement logique et illustré dans le panorama des solutions temps réel disponibles avec Linux.

Tous les concepts théoriques présentés dans le cours font l'objet de mise en pratique par des exemples précis et des séances d'exercices complètes.

Organisation

Audience

Nous limitons habituellement le nombre de stagiaires dans nos sessions à 4 personnes au maximum pour garantir des échanges fluides et conviviaux.

Les sessions à distance se déroulent sur **plateforme Zoom**. Le seul matériel nécessaire est un ordinateur avec une connexion Internet et un micro. Nous conseillons un ensemble casque + micro pour limiter le bruit de fond. Nous suggérons également l'emploi d'une webcam si l'environnement le permet.

Pré-requis

Connaissance de Linux (niveau utilisateur). Notions de langage C.

Durée

2 jours (14 heures)

Travaux pratiques

Sessions à distance : les exercices se déroulent sur des PC Linux et des cartes Raspberry Pi accessibles à distance (connexion SSH / PuTTY / Tera Term).

Thèmes abordés

Ordonnancement sous Linux : introduction, multi-tâches, systèmes multi-processeurs, temps-partagé et priorité.

Temps-réel souple : ordonnancements Fifo et Round-Robin sur un noyau standard Vanilla, fluctuations des timers, latence d'interruption, problèmes temps-réel classiques.

Temps-réel amélioré : principes de PREEMPT_RT, application du patch et compilation du noyau, mesure des améliorations de fluctuation ou de latence.

Extensions temps-réel strict : principes de RT-Linux, RTAI, Adeos et Xenomai, installation et examen de Xenomai, exemple d'applications avec l'API Xenomai, handlers d'interruption.

Plan détaillé

I – Programmation multitâche et multicoeur

Multi-tâche sous Linux

Processus. Mémoire virtuelle. Threads. Mutex IPC

Travaux pratiques

Création de processus, création de threads.

Programmation multicoeur

Multiprocesseur, multicoeur, hyperthreading. Affinités et migrations des tâches. Affinité d'interruption. Confinement de processus. Isolation de CPU. Fréquence de fonctionnement du processeur.

Travaux pratiques

Migration de processus. Migration d'interruptions.

II - Ordonnancement temps partagé

Ordonnancement

États des tâches, commutations. Ordonnanceurs goodness, « O(1) » et CFS. Priorité et « nice ».

Travaux pratiques

Manipulation des priorités temps partagé

III – Temps-réel souple

Ordonnancement Fifo et Round-robin

Passage en temps-réel. Priorités. Garde-fou temps réel.

Travaux pratiques

Ordonnancement FIFO de priorité maximale

Limitation du temps réel Vanilla

Première limite : interruptions monolithiques, amélioration avec les interruptions threadées. Deuxième limite : réveil d'une tâche temps réel, amélioration avec la préemptibilité du noyau.

Travaux pratiques

Influences des interruptions sur les tâches temps réel, mesure de latence d'interruptions.

Problèmes temps-réel classiques

Lancement de tâches en parallèle. Inversion de priorité. Reprise de mutex.

Travaux pratiques

Inversion de priorités, héritage de priorité des mutex.

IV – Temps-réel amélioré avec PREEMPT_RT

Patch PREEMPT_RT

Principe. Patch d'Ingo Molnar et Thomas Gleixner. Compilation du noyau. Threaded interrupts.

Travaux pratiques

Effets des interruptions threadées

Instrumentation et mesures

Outils RT-test et cyclictest.

Travaux pratiques

Mesure de latence d'interruptions.

V – Extensions temps-réel strict pour Linux

Principes du temps-réel strict (Hard Realtime)

Noyau standard et extensions RT-Linux, RTAI, Adéos, Xenomai...

Installation et testde Xenomai

Patch et bibliothèque utilisateur. Compilation du noyau et des outils de test.

Travaux pratiques

Mesure de latence des interruptions avec Xenomai.

Programmation sous Xenomai

Tâches Xenomai. Timers et tâches périodiques. Communication et synchronisation.

Conclusion

Discussions libres sur l'ensemble des thèmes abordés.

Travaux pratiques

Expérimentations libres suivant les demandes des stagiaires.

MàJ 18/06/2022