Formation debugging, profiling, tracing et analyse de performance sous Linux

Formation sur site, 3 jours

Dernière mise à jour : 13 January 2025

Titre	**Formation debugging, profiling, tracing et analyse de performance sous Linux**
Objectifs opérationnels	• Être capable de comprendre les principaux concepts de Linux qui sont liés à l'analyse de performance : processus, threads, gestion de la mémoire, mémoire virtuelle, contextes d'exécution, etc. • Être capable d'analyser pourquoi un système est chargé et quels sont les éléments qui contribuent à cette charge avec les outils usuels d'observabilité sous Linux. • Être capable de débugger une application espace utilisateur avec *gdb*, soit en direct soit *post-mortem* suite à un crash, et analyser le contenu de binaires ELF. • Être capable d'utiliser le *tracing* et le *profiling* sur une application espace utilisateur et comprendre ses interactions avec le noyau Linux afin de corriger des bugs, en utilisant *strace*, *ltrace*, *perf* ou *Callgrind* • Être capable d'utiliser le *tracing* et le *profiling* le système Linux complet, en utilisant *perf*, *ftrace*, *kprobe*, les outils *eBPF*, *kernelshark* ou *LTTng* • Être capable de débugger des problèmes au niveau du noyau Linux : debug de crash en direct ou post-mortem, analyse de problèmes mémoire au niveau noyau, analyse de problèmes de locks, utilisation de debuggers au niveau noyau.
Durée	**Trois** jours - 24 h (8 h par jour)
Méthodes pédagogiques	• Présentations animées par le formateur : 40% de la durée de formation • Travaux pratiques réalisés par les participants : 60% de la durée de formation • Version électroniques de supports de présentation, des instructions et des données de travaux pratiques. Les supports sont librement disponibles sur https ://bootlin.com/doc/training/debugging.

Formateur	Un des ingénieurs mentionnés sur : `https://bootlin.com/training/trainers/`
Langue	Présentations : Français Supports : Anglais
Public visé	Sociétés et ingénieurs intéressés dans le debug, profiling et tracing de systèmes et d'applications Linux, afin d'analyser et résoudre des problèmes de performance ou de latence.
Pré-requis	• **Connaissance et pratique des commandes UNIX ou GNU/Linux** : les participants doivent être à l'aise avec l'utilisation de la ligne de commande Linux. Les participants manquant d'expérience sur ce sujet doivent se former par eux-mêmes, par exemple en utilisant nos supports de formation disponible à l'adresse bootlin.com/blog/command-line/. • **Expérience minimale en développement Linux embarqué** : les participants doivent avoir une compréhension minimale de l'architecture d'un système Linux embarqué : rôle du noyau Linux par rapport à l'espace utilisateur, développement d'applications espace utilisateur en C. Suivre la formation *Linux embarqué* de Bootlin, disponible sur bootlin.com/training/embedded-linux/, permet de remplir ce pré-requis. • **Niveau minimal requis en anglais : B1**, d'après le *Common European Framework of References for Languages*, pour nos sessions animées en anglais. Voir bootlin.com/pub/training/cefr-grid.pdf pour une auto-évaluation.

Équipement nécessaire	**Pour les sessions en présentiel dans les locaux de nos clients, notre client doit fournir** : • Projecteur vidéo • Un ordinateur sur chaque bureau (pour une ou deux personnes), avec au moins 8 Go de RAM et Ubuntu Linux 24.04 installé dans une **partition dédiée d'au moins 30 Go**. • Les distributions autres que Ubuntu Linux 24.04 ne sont pas supportées, et l'utilisation de Linux dans une machine virtuelle n'est également pas supportée. • **Connexion à Internet rapide et sans filtrage** : au moins 50 Mbit/s de bande passante en téléchargement, et pas de filtrage des sites Web et protocoles. • **Les ordinateurs contenant des données importantes doivent être sauvegardés** avant d'être utilisés dans nos sessions.
Modalités d'évaluation	Seuls les participants qui auront assisté à l'intégralité des journées de formation, et qui auront obtenu plus de 50% de réponses correctes à l'évaluation finale recevront une attestation individuelle de formation de la part de Bootlin.
Handicap	Les participants en situation de handicap qui ont des besoins spécifiques sont invités à nous contacter à l'adresse *training@bootlin.com* afin de discuter des adaptations nécessaires à la formation.

Plateforme matérielle pour les travaux pratiques

Une de ces cartes de STMicroelectronics : **STM32MP157A-DK1**, **STM32MP157D-DK1**, **STM32MP157C-DK2** ou **STM32MP157F-DK2**

- Processeur STM32MP157, double Cortex-A7, de STMicroelectronics
- Alimentée par USB
- 512 Mo DDR3L RAM
- Port Gigabit Ethernet port
- 4 ports hôte USB 2.0
- 1 port USB-C OTG
- 1 connecteur Micro SD
- Debugger ST-LINK/V2-1 sur la carte
- Connecteurs compatibles Arduino Uno v3
- Codec audio
- Divers : boutons, LEDs
- Écran LCD tactile (uniquement sur cartes DK2)

1 demi-journée

Cours - Pile logicielle Linux

- Vue d'ensemble : comprendre l'architecture général d'un système Linux, aperçu des principaux composants
- Différence entre un processus et un thread, comment les applications fonctionnent de façon concurrente.
- Fichiers ELF et outils d'analyse associés.
- Organisation de l'espace d'adressage des applications : heap, stack, bibliothèques partagées, etc.
- MMU et gestion mémoire : espaces d'adressage physique et virtuel
- Contexte d'exécution dans le noyau : threads noyau, workqueues, interruptions, interruptions threadées, softirq

Cours - Outils usuels d'analyse et d'observation

- Analyse d'un binaire ELF avec les outils GNU (*objdump*, *addr2line*)
- Outils pour monitorer un système Linux : processus, consommation et mapping mémoire, ressources
- Utilisation de *vmstat*, *iostat*, *ps*, *top*, *iotop*, *free* et compréhension des métriques qu'ils fournissent.
- Systèmes de fichiers virtuels : *procfs*, *sysfs* et *debugfs*

2 demi-journée

TP - Comprendre ce qui fonctionne sur un système et sa charge

- Observation des processus en cours d'exécution avec *ps* et *top*
- Observation des mappings mémoire avec *procfs* et *pmap*
- Monitoring d'aurtres ressources avec *iostat*, *vmstat* et *netstat*

Cours - Debug d'une application

- Utilisation de *gdb* sur un processus en cours d'exécution.
- Comprendre l'impact des optimisations du compilateur sur la capacité à débugger un programme.
- Analyse post-mortem avec des fichiers *core*
- Debug à distance avec *gdbserver*.
- Étendre les capacités de *gdb* en utilisant des scripts Python.

TP - Résoudre un crash applicatif

- Analyse d'un code C compilé avec `compiler-explorer` pour comprendre les optimisations.
- Utilisation de *gdb* en ligne de commande, puis depuis un IDE.
- Utilisation des possibilités de scripting Python dans *gdb*.
- Debugger une application *post mortem* avec un *core dump* et *gdb*

3 demi-journée

Cours - Tracing d'une application

- Tracing des appels systèmes avec *strace*.
- Tracing des appels à des bibliothèques partagées avec *ltrace*.

TP - Débugger des problèmes applicatifs

- Analyser les appels à des bibliothèques partagées d'une application en utilisant *ltrace*.
- Débugger une application qui fonctionne de manière incorrecte en utilisant *strace*.

Cours - Problèmes liés à la mémoire

- Problèmes classiques liés à la mémoire : *buffer overflow*, *segmentation fault*, fuite mémoire, collision pile/tas.
- Outils de détection/investigation de problèmes mémoires : *valgrind*, *libefence*, etc.
- Profiling de l'utilisation du tas en utilisant *Massif*

TP - Débugger des problèmes liés à la mémoire

- Fuites mémoire et détection de comportement incorrects avec *valgrind* et *vgdb*.
- Problèmes de performance liés à une sur-allocation.
- Visualisation de l'utilisation du tas par une application en utilisant *Massif*.

4 demi-journée

Cours - Profiling d'application

- Problèmes de performance.
- Récupération d'informations de profiling avec *perf*.
- Analyse du graphe d'appel d'une application avec *Callgrind* et *KCachegrind*.
- Filtrage du jeu de données récupéré.
- Interprétation, des données enregistrées avec *perf*.

TP - Profiling d'application

- Profiling d'une application avec *Callgrind*/*KCachegrind*.
- Analyse des performances d'une application avec *perf*.
- Générer un *flamegraph* avec *FlameGraph*.

5 demi-journée

Cours - Profiling et tracing de l'ensemble du système

- Profiling du système complet avec *perf*.
- Utilisation de *kprobes* pour ajouter des points de trace supplémentaires sans recompilation
- Tracing d'application et du noyau et visualisation des traces avec *ftrace*, *kernelshark* ou *LTTng*
- Tracing avec eBPF : principes généraux, développements d'outils avec BCC puis libbpf

TP - Profiling et tracing de l'ensemble du système

- Profiling du système complet avec *perf*.
- Analyse de latences système avec *ftrace* et *kernelshark*.

TP - Développement d'outils en eBPF

- Scripting python avec *BCC*.
- Développement d'un outil personnalisé de tracing avec libbpf.

6 demi-journée

Cours - Debugging du noyau Linux

- Sorties de la compilation du noyau Linux utiles pour le debugging (`vmlinux`, `System.map`).
- Comprendre et configurer le comportement des *kernel oops*.
- Analyse post-mortem d'un crash kernel avec *crash*.
- Problèmes mémoire au niveau kernel (*KASAN*, *UBSAN*, *Kmemleak*).
- Debugging du noyau Linux avec *KGDB* et *KDB*.
- Options du noyau Linux pour le debug des problèmes de verrous (lockdep)
- Autres options de configuration du noyau Linux utiles pour le debug.

TP - Debugging du noyau Linux

- Analyse d'un *oops* après utilisation d'un module noyau incorrect, avec *obdjump* et *addr2line*.
- Debugging d'un *deadlock* avec les options *PROVE_LOCKING*.
- Détecter un *undefined behavior* avec *UBSAN* dans le noyau Linux.
- Trouver une fuite mémoire avec *kmemleak*.
- Débugger un module noyau avec *KGDB*.