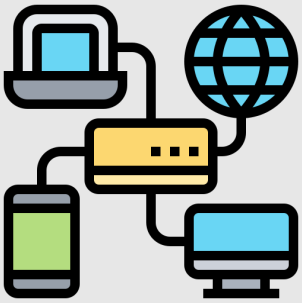


Formation stack réseau sous Linux embarqué

Durée de la formation –

4 demi-journées – 16 h

Langue

Transparents Anglais

Présentation Français
Anglais

Formateur

Un des ingénieurs suivants

- Maxime Chevallier

Contact

training@bootlin.com
+33 4 84 25 80 96

bootlin
bootlin.com

Formation en ligne

Public visé

Ingénieurs travaillant sur le support réseau de systèmes Linux embarqués.

Objectifs opérationnels

- Être capable de comprendre la pile réseau du noyau Linux dans son ensemble et de configurer des interfaces réseau complexes
- Être capable de comprendre le cheminement des paquets réseau dans un système Linux, d'utiliser différents types de sockets, de générer et de filtrer le trafic
- Être capable d'utiliser les technologies eBPF et XDP pour améliorer le traitement du trafic réseau
- Être capable de comprendre l'architecture des pilotes réseau du noyau Linux
- Être capable de comprendre comment les PHYs Ethernet et les switchs sont pris en charge dans le noyau Linux
- Être capable de diagnostiquer et de résoudre des problèmes liés au réseau bas niveau

Prérequis

- **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 permet de remplir ce pré-requis.
- **Expérience en développement bas-niveau sous Linux et avec les interfaces matérielles** : les participants doivent avoir une compréhension minimale de la gestion mémoire, de l'interaction avec des interfaces matérielles (registres, interruptions) et de l'interaction entre les applications user-space Linux et le noyau Linux (appels systèmes). Suivre la formation la formation Développement de pilotes de périphériques noyau Linux de Bootlin 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 la grille CEFR pour une auto-évaluation.

Méthodes pédagogiques

- Présentations animées par le formateur, par visioconférence. Les participants peuvent poser des questions à tout instant.
- Démonstrations pratiques réalisées par le formateur, basés sur les travaux pratiques de la formation, par vidéo-conférence. Les participants peuvent poser des questions à tout instant. Optionnellement, les participants qui ont accès aux accessoires matériels de la formation peuvent reproduire par eux-même les travaux pratiques.
- Messagerie instantanée pour questions entre les sessions (réponse sous 24h, hors week-end et jours fériés)
- Version électronique des supports de présentation, des instructions et des données de travaux pratiques. Les supports sont librement disponibles ici.

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.

Equipement nécessaire

Équipement obligatoire :

- Ordinateur avec le système d'exploitation de votre choix, équipé du navigateur Google Chrome ou Chromium pour la conférence vidéo.
- Une webcam et un micro (de préférence un casque avec micro)
- Une connexion à Internet à haut débit

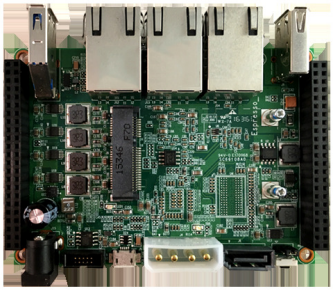
Optionnellement, si les participants souhaitant pouvoir reproduire par eux-mêmes les travaux pratiques, ils doivent acheter séparément la carte de développement et les accessoires associés, et devront diposer d'un PC avec une installation native d'Ubuntu Linux 24.04.

Plateforme matérielle pour les travaux pratiques

Plateforme matérielle pour les travaux pratiques

Carte **Globalscale EspressoBin**

- SoC Marvell Armada 3720 SoC (CPU 2xARM Cortex A53)
- Switch Ethernet avec 2 interfaces Gigabit
- Interface Gigabit Ethernet additionnelle
- 1GB de RAM
- 1x interface SATA
- 1x interface USB 3.0



Programme de la formation

Demi-journée 1

Cours	Pile réseau et interfaces réseau dans Linux	▪ Vue d'ensemble de la pile réseau dans le noyau Linux ▪ Qu'est-ce qu'une interface réseau, vue d'ensemble d'un `net_device` ▪ Vue d'ensemble d'Ethernet, Wifi, CAN, Bluetooth, 802.15.4 ▪ Interfaces réseau *stackées* et interfaces réseau virtuelles pour le VLAN, le pontage, l'agrégation (bonding) ▪ Interfaces Switchdev et DSA ▪ Interface de contrôle via *Netlink* et *ioctl*
Démo	Configuration et mise en place des interfaces réseau	▪ Configuration de base avec `iproute2` ▪ Création de *bridges* et d'interfaces VLAN avec `iproute2` ▪ Utilisation des espaces de noms réseau (*network namespaces*) pour l'isolation et les tests des interfaces ▪ Utilisation de base de `tcpdump` et `wireshark` ▪ Utilisation de `ethtool` et `iproute2` pour interroger les fonctionnalités des interfaces réseau
Cours	Parcours d'un paquet à travers la pile réseau Linux	▪ Découverte de l'*API Socket*, des différentes familles et types de sockets ▪ Envoi et réception de données en espace utilisateur via les sockets ▪ Utilisation de générateurs et analyseurs de trafic en espace utilisateur avec *Scapy* et *Wireshark* ▪ Parcours d'un paquet dans le noyau, d'un socket jusqu'à un pilote réseau ▪ Filtrage du trafic avec *Netfilter* et `iptables` ▪ Manipulation du trafic avec l'outil Traffic Control (`tc`) ▪ Contrôle de l'ordonnancement (queueing) avec `tc` pour l'optimisation des performances et le *Time-Sensitive Networking* (TSN)

Demi-journée 2

Démo	Envoi et réception de trafic via les sockets	▪ Écrire un petit outil utilisant les différents types de sockets ▪ Analyser le trafic avec `wireshark` et `tcpdump` ▪ Filtrer le trafic avec *Netfilter* et `tc` ▪ Utiliser des générateurs de trafic et des outils de mesure de performance
Cours	eBPF pour le réseau	▪ Introduction à eBPF ▪ Compilation et chargement de programmes eBPF ▪ Points d'accroche BPF dans la pile réseau ▪ Introduction à XDP

Démo	Écriture et utilisation d'un programme XDP	▪ Écrire et charger un programme XDP simple pour filtrer le trafic entrant ▪ Utiliser des maps pour configurer le filtre depuis l'espace utilisateur

Demi-journée 3

Cours	Pilotes de périphériques réseau	▪ Vue d'ensemble des composants matériels et interfaces utilisés dans le réseau : MAC, PHY, MII, MDI, etc. ▪ Infrastructure d'un pilote typique de contrôleur Ethernet ▪ Envoi et réception de paquets avec Napi ▪ Gestion des tampons et des files d'attente ▪ Horodatage des paquets pour le PTP ▪ Vue d'ensemble des opérations de pilote *ethtool* pour la configuration et le diagnostic ▪ *Offloading* du traitement réseau vers le matériel
Démo	Configuration Ethernet avancée	▪ Analyse des paramètres Ethernet configurables avec *ethtool* ▪ Utilisation des différentes fonctionnalités de déchargement

Demi-journée 4

Cours	Prise en charge des PHYs Ethernet et des switches	▪ Prise en charge des PHYs Ethernet dans le noyau avec *phylib* ▪ Interaction avec les PHYs via MDIO ▪ Gestion de la connexion PHY vers MAC avec *phylink* ▪ Prise en charge des switches via le framework *DSA* ▪ Gestion de la configuration des switches avec *switchdev*
Cours	Débogage et dépannage réseau	▪ Analyse des performances et des pertes de paquets avec des outils de surveillance ▪ Techniques de débogage pour le dépannage des pilotes ▪ Utilisation des outils de traçage et de `perf` pour l'analyse des performances ▪ Diagnostic des problèmes liés au matériel
Démo	Optimisation de la vitesse dans divers scénarios	▪ Diagnostiquer et optimiser la vitesse du trafic ▪ Analyser et résoudre les problèmes de latence