

Explorateur de topologie Internet

Présentation

L'objectif de ce projet est double. Il s'agit de programmer 1) un outil de type *traceroute* et 2) un visualisateur de la topologie découverte.

Commande *traceroute*. La commande *traceroute* est un utilitaire de traçage de chemins Internet. Cet outil génère plusieurs séries de paquets IP à destination d'une adresse IP passée en argument. Une fois envoyés, l'outil *traceroute* piste les paquets d'exploration en traçant le chemin qu'ils empruntent jusqu'à ce que leur destination finale soit atteinte.

Les implémentations de la commande *traceroute* (*tracert* sous Windows) varient selon les systèmes d'exploitation :

- Sous Unix, Linux et MacOS, la commande *traceroute* génère des paquets IP qui encapsulent, par défaut, des datagrammes UDP. En réponse, les routeurs retournent un message ICMP *Time exceeded* et la destination finale, un message ICMP *Port unreachable*.
- Sous Windows, ces mêmes paquets encapsulent des messages ICMP *Echo request*. Les routeurs retournent un message ICMP *Time exceeded* et la destination finale, un message ICMP *Echo reply*.

Une fois l'adresse IP des nœuds visités connue, la commande *traceroute* tente de résoudre leur nom en envoyant des requêtes DNS.

La Figure 1 montre la sortie résultant de l'exécution de la commande *traceroute* avec l'adresse IP 1.1.1.11 :

```
traceroute to 1.1.1.11 (1.1.1.11), 64 hops max, 52 byte packets
 1  xiaoqiang (192.168.31.1)  17.407 ms  2.194 ms  17.311 ms
 2  192.168.0.254 (192.168.0.254)  2.455 ms  16.022 ms  2.111 ms
 3  station11.multimania.isdnet.net (194.149.174.108)  5.699 ms  5.735 ms  7.807 ms
 4  194.149.174.64 (194.149.174.64)  27.013 ms * 17.374 ms
 5  prs-b3-link.ip.twelve99.net (62.115.46.68)  8.918 ms  5.708 ms  8.519 ms
 6  prs-bb2-link.ip.twelve99.net (62.115.118.62)  5.137 ms  5.558 ms
   prs-bb1-link.ip.twelve99.net (62.115.118.58)  5.775 ms
 7  prs-b1-link.ip.twelve99.net (62.115.125.171)  6.038 ms  8.287 ms *
 8  cloudflare-ic363840-prs-b1.ip.twelve99-cust.net (213.248.73.69)  9.711 ms  16.072 ms  10.889 ms
 9  172.71.128.2 (172.71.128.2)  9.008 ms
   172.71.120.2 (172.71.120.2)  6.642 ms
   172.71.132.2 (172.71.132.2)  11.893 ms
10  1.1.1.11 (1.1.1.11)  6.484 ms  9.353 ms  14.221 ms
```

Figure 1

En retour, est affichée la liste des adresses IP et le nom (si connu) des nœuds visités. La commande *traceroute* mesure également le délai aller-retour qui s'est écoulé entre l'envoi d'un paquet d'exploration de la réponse reçue des nœuds situés le long des chemins explorés.

Options traceroute. La commande *traceroute* propose plusieurs options permettant de modifier la valeur de certains champs de l'entête des paquets d'exploration.

Ces options permettent par exemple de modifier :

- la valeur du champ TTL de l'entête IP (options -m et -M),
- la valeur du champ Protocole de l'entête IP en fonction du protocole encapsulé (option -P pour spécifier UDP, TCP ou ICMP)
- le numéro de port destination utilisé dans le cas des paquets d'exploration encapsulant UDP ou TCP (option -p).
- ...

D'autres options permettent de modifier les informations retournées à l'écran en empêchant par exemple la résolution l'adresse IP des nœuds (option -n).

La commande *man traceroute* donne accès à la liste complète des options standards.

Résultat d'exécution. En sortie, la commande *traceroute* retourne la liste des nœuds ayant répondu aux paquets d'exploration. Par défaut, la commande *traceroute* envoie une série de 3 paquets vers chacun des nœuds à explorer, y compris la destination finale. Entre chaque série, le TTL des paquets d'exploration est incrémenté de 1.

Pour chaque série, sont retournés :

- l'adresse IP du nœud à l'origine des réponses et
- le nom de ce nœud (si demandé et si la résolution DNS aboutie).

Pour chaque réponse reçue au sein d'une série, est mesuré :

- le délai aller-retour (RTT) entre l'envoi du paquet d'exploration et la réception de cette réponse.

Si un des nœuds explorés ne répond pas à un paquet d'exploration, la commande *traceroute* affiche le caractère astérisque (*) à la place du RTT. C'est le cas des nœuds visités aux étapes 4 et 7 dans la Figure 1.

Travail demandé

Il vous est demandé de concevoir 1) une implémentation complète de la commande *traceroute* avec ses options standards et 2) un visualisateur graphique des chemins découverts.

1/ En entrée

Votre programme prendra en entrée une liste contenant des dizaines voire plusieurs centaines adresses IP (format txt ou csv) et un ensemble d'options similaires à celles offertes par la commande *traceroute* standard. Votre programme doit construire des paquets d'exploration conformes aux options passées en argument.

A chaque étape de l'exploration d'un chemin, votre programme doit construire et envoyer plusieurs séries de paquets d'exploration. Chaque série doit contenir trois paquets d'exploration : un premier encapsulant le protocole UDP, un second encapsulant le protocole TCP et un troisième le protocole ICMP.

L'utilisateur de votre programme doit pouvoir paramétrer le nombre de séries pour chaque étape d'exploration par le passage d'une option donnée en argument de votre programme.

Entre chaque étape d'exploration, le TTL des paquets d'exploration est incrémenté de 1. Les valeurs initiale et maximale du TTL doivent pouvoir être paramétrées par le passage d'une option donnée en argument de votre programme.

La valeur numéro de port des paquets encapsulant un datagramme UDP ou un segment TCP doit elle aussi être paramétrable si besoin.

L'utilisateur de votre programme pourra également préciser la taille des paquets d'exploration ou le temps d'attente entre l'envoi de deux paquets d'exploration consécutifs appartenant ou non à la même série.

En l'absence d'options, votre programme utilisera les valeurs par défaut standard utilisées par la commande *traceroute*.

2/ En sortie

En sortie, votre programme retournera :

1. Un fichier texte avec les résultats bruts obtenus pour chaque adresse IP donnée en entrée de votre programme.
2. Une représentation graphique complète de l'arbre composé des nœuds découverts pour chaque adresse IP donnée en entrée et des liens qui relient ces nœuds entre eux.

Vous serez jugé sur l'exactitude des informations collectées lors de l'exploration des chemins (telles que la topologie ou les mesures de RTT) et sur la clarté de la représentation graphique de la topologie découverte. Notez qu'il vous est demandé d'évaluer la véracité de la topologie inférée.

Pour être acceptable, cette représentation pourra suivre, parmi d'autres, les suggestions suivantes :

- Les nœuds seront accompagnés de leur(s) adresse(s) IP et de leur nom si connu.
- Les chemins découverts pouvant varier selon le protocole encapsulé dans les paquets d'exploration, une couleur spécifique mettra en évidence les liens découverts par chacun des protocoles utilisés.
- La longueur des liens sera proportionnelle à la valeur moyennée du RTT mesurée.
- ...

Votre programme pourra s'exécuter dans une fenêtre de commande (de type Terminal) ou s'afficher dans une interface graphique. Le graphe des arbres de connectivité sera sauvegardé sous la forme d'une image (jpeg ou png). Une représentation interactive du graphe sera un plus.

Soumission

- Ce projet sera réalisé en binôme.
- La constitution des binômes est à finaliser avant **Samedi 11 février 18:29:59**
- Vous êtes libres de choisir le langage de programmation.
- Date de soumission : **Samedi 22 avril 18:29:59**.
- Documents à soumettre :
 1. Une **archive zip** à soumettre sur le Moodle de l'UE :
 - a. votre **code source**,
 - b. un **fichier binaire** ou **makefile** pour lancer l'exécution de votre analyseur,
 - c. un **fichier texte readme** (txt ou md) qui décrit la structure de votre code,
 - d. un **fichier texte howto** (txt ou md) qui explique comment installer et lancer votre programme.
 2. Une **presentation vidéo préenregistrée de 10 minutes** postée sur Youtube : [Lien d'ajout de vidéo](#). (Votre vidéo sera ajouté à une liste de lecture privée). Pour être ajoutée, ne pas sélectionner "cette vidéo a été conçue pour les enfants".

Dans cette vidéo, vous présenterez :

 1. un **aperçu complet** de votre projet,
 2. une description de vos **choix et réalisations**,
 3. la **répartition des tâches** au sein de votre binôme et vos **contributions personnelles respectives**,
 4. la **liste des défis et difficultés** que vous avez eu à relever et leur résolution,
 5. une **démonstration** de votre analyseur en action,
 6. les **pistes à explorer** en vue d'améliorations futures.