
linmctool - Utilitaire Linux pour périphériques à détection de mouvement

Copyright © 2010, 2011 pabr@pabr.org
Tous droits réservés. (All rights reserved.)

linmctool gère les fonctions de base des périphériques à détection de mouvement Bluetooth les plus courants sous Linux : PlayStation Motion Controller (PS Move), Sixaxis, DualShock3, Wii Remote (Wiimote).

READ THE HYPertext VERSION HERE:
<http://www.pabr.org/linmctool/linmctool.fr.html>

Historique des versions		
1.1	2011-03-04	Horodatage. LEDs du PS Move. Wii MotionPlus. Ajout de mcalibrate.
1.0	2010-11-17	Première publication.

Table des matières

1. Introduction	3
2. Avertissement	3
3. Limitations	3
4. Compilation	4
5. Mise en œuvre	4
5.1. Wiimote	4
5.2. SIXAXIS, DS3, PS Move	4
6. Analyse des problèmes	6
7. mccalibrate - Outil de calibration	6
7.1. Calibration interactive	6
7.2. Application de la calibration à un flux de données	7
8. mctrack - Démonstration de suivi de mouvement	7
9. Remerciements	8
Bibliographie	8

1. Introduction

linmctool est un utilitaire en ligne de commande qui gère la communication Bluetooth avec plusieurs modèles de périphériques à détection de mouvement, et affiche les données des capteurs sous forme textuelle. Il est conçu comme un outil simple et portable pour l'enseignement et la recherche autour de sujets tels que les systèmes de coordonnées 3D, la mécanique des solides, la robotique, l'estimation multi-capteurs, la capture de mouvements et les interfaces utilisateur novatrices. Un joystick à détection de mouvement est un bon outil pour aborder avec des enfants et des étudiants une large palette de sujets techniques, de la notion élémentaire de force d'inertie jusqu'au filtre de Kalman.

Les périphériques supportés sont :

- Wiimote (y compris le capteur infrarouge et les gyros)
- SIXAXIS
- DS3
- PS Move (sans la camera PS Eye)

Voici un exemple du résultat :

```
0 00:25:xx:xx:xx:xx WIIMOTE aX=-11 aY=-10 aZ=14 ir0x=966 ir0y=406 ir1x=747 ir1y=419 \
  ir2x=554 ir2y=430 ir3x=467 ir3y=389 gX=209 gY=-298 gZ=232
1 00:19:xx:xx:xx:xx SIXAXIS aX=-3 aY=-21 aZ=-111 gZ=-21
2 00:06:xx:xx:xx:xx PSMOVE seq=0 aX=-2613 aY=-329 aZ=3271 gX=5 gY=8 gZ=8 mX=-197 mY=
```

2. Avertissement

Ces appareils sont commercialisés comme des périphériques compatibles avec Bluetooth (une norme ouverte qui encourage l'interopérabilité entre les ordinateurs et les périphériques sans fil) et **linmctool** communique avec leurs interfaces ouvertes par le protocole normalisé Bluetooth HID. Il n'est pas nécessaire de modifier les appareils ou de contourner une quelconque mesure de protection. Mais comme ce logiciel a été développé sans le concours des fabricants, nous ne pouvons pas garantir qu'il s'interface avec le matériel exactement comme prévu. Il y a toujours un risque d'invalider la garantie, d'endommager le matériel en le faisant fonctionner dans des conditions pour lesquelles il n'a pas été conçu, ou pire encore. À vos risques et périls !

Par exemple, on ignore si le PS Move régule tout seul la puissance de ses LEDs RVB ou si l'hôte Bluetooth est censé le faire en utilisant le capteur de température. Par précaution, **linmctool** limite la luminosité à 25 %.

3. Limitations

- **linmctool** n'est pas un *driver* générique pour périphériques HID. Il ne gère pas les boutons. Il ne fournit pas une API binaire efficace pour les applications.
- En l'absence de documentation pour ces périphériques, **linmctool** n'exploite probablement pas toutes leurs fonctionnalités ou toute leur précision.
- Afin de ne pas subir les limitations de l'interface **hidraw** sur certains noyaux, **linmctool** contourne complètement la couche Bluetooth HID de Linux. Il doit être exécuté sous root pour prendre le contrôle des PSMs L2CAP HID 17 et 19. Il n'est pas possible d'utiliser d'autres périphériques Bluetooth HID (tels que claviers et souris) en même temps. En cas d'exécution sans privilèges root, seule la Wiimote est supportée.
- **linmctool** n'utilise pas les mécanismes d'authentification et de chiffrement de Bluetooth.

- **linmctool** permet l'utilisation simultanée d'un nombre illimité de périphériques, sous les contraintes de ressources imposées par le système et par le matériel. Avec certaines configurations, il peut s'avérer difficile d'atteindre la limite Bluetooth de 7 périphériques par adaptateur. Par ailleurs, lorsque plusieurs périphériques transmettent simultanément, on peut observer des pertes de paquets.
- Il est possible que **linmctool** ne distingue pas correctement un SIXAXIS d'un DS3. Si votre DS3 vibre en permanence, utilisez **linmctool --force-ds3** ; si le gyro de votre SIXAXIS ne fonctionne pas, utilisez **linmctool --force-sixaxis** ; et envoyez le résultat de **linmctool --dump-readable** à l'auteur.

4. Compilation

Contrairement à d'autres approches qui rencontrent des problèmes de compatibilité et d'intégration, **linmctool** est conçu pour compiler et s'exécuter facilement sur n'importe quelle distribution Linux, avec quasiment aucune dépendance.

```
# wget http://www.pabr.org/linmctool/linmctool-20110304.c [linmctool-20110304.c]
# gcc --std=gnu99 -Wall linmctool-20110304.c -lusb -o linmctool
```

Pour les systèmes sans **libusb**, compiler avec **-DWITHOUT_USB**. L'éventuel appariement par USB devra être effectué sur une autre machine (voir Appariement).

```
# gcc --std=gnu99 -Wall -DWITHOUT_USB linmctool-20110304.c -o linmctool
```

5. Mise en œuvre

5.1. Wiimote

La Wiimote est capable de s'allumer et d'établir une connexion Bluetooth sur simple pression de n'importe quel bouton, mais cette fonctionnalité n'est pas compatible avec tous les modèles d'adaptateurs Bluetooth. C'est pourquoi **linmctool** requiert une procédure plus complexe.

- **Obtenir l'adresse Bluetooth de la Wiimote** . Mettre la manette en mode "découvrable" en pressant simultanément les boutons 1 et 2, puis exécuter **hcitool scan** pendant que les LEDs bleues clignotent. Noter l'adresse Bluetooth au format **xx:xx:xx:xx:xx:xx**.
- **Établir la connexion Bluetooth** . Indiquer la ou les adresses Bluetooth à **linmctool** sur la ligne de commande. Juste avant de lancer **linmctool**, mettre à nouveau la ou les Wiimotes en mode "découvrable" en pressant simultanément les boutons 1 et 2.

```
# ./linmctool --ir --wmp 00:25:xx:xx:xx:xx
Waiting for Bluetooth connections.
Connecting to 00:25:xx:xx:xx:xx
New device 0 00:25:xx:xx:xx:xx is a Wiimote
0 00:25:xx:xx:xx:xx WIIMOTE aX=-11 aY=-10 aZ=14 ir0x=966 ir0y=406 ir1x=747 ir1y=419
  ir2x=554 ir2y=430 ir3x=467 ir3y=389 gX=209 gY=-298 gZ=232
```

5.2. SIXAXIS, DS3, PS Move

- **Désactivation de la couche Bluetooth HID - cas des distributions Linux anciennes utilisant hidd** . Il suffit d'arrêter **hidd** :

```
# killall hidd
```

- **Désactivation de la couche Bluetooth HID - cas des distributions Linux récentes utilisant bluetoothd .** Ajouter **input** à la directive **DisablePlugins** de `/etc/bluetooth/main.conf` :

```
[General]
# List of plugins that should not be loaded on bluetoothd startup
DisablePlugins = network,input
```

Puis redémarrer **bluetoothd**:

```
# service bluetooth restart
```

- **Appariement .** Ces périphériques doivent être appariés avec un adaptateur Bluetooth de la machine Linux. Ils ne semblent pas supporter la procédure standard d'appariement Bluetooth ; en remplacement, l'appariement est réalisé par une connexion USB, ce qui peut être considéré comme plus simple et plus sûr. L'appariement est permanent : il n'est pas nécessaire de répéter cette procédure, sauf si le périphérique a été apparié avec une autre machine.

- Connecter le périphérique avec un cordon USB.

- Exécuter **linmctool** :

```
# ./linmctool
Waiting for Bluetooth connections.
USB: PS MOVE
    Changing master from xx:xx:xx:xx:xx to yy:yy:yy:yy:yy
    Now press the PS button.
```

- Déconnecter le cordon USB. (Le PS Move peut être utilisé en mode Bluetooth sans être débranché, mais ce n'est évidemment pas recommandé.)

Les périphériques seront appariés avec le premier adaptateur Bluetooth actif, tel qu'identifié par ``hcitool dev``. Pour appairer avec un autre adaptateur, ou avec un adaptateur sur une autre machine, il suffit d'obtenir son adresse Bluetooth en exécutant **hcitool dev**, et de l'indiquer comme suit :

```
# ./linmctool --master xx:xx:xx:xx:xx:xx
```

- **Établir la connexion Bluetooth .** Presser le bouton PS à n'importe quel moment pendant que **linmctool** s'exécute et que le cordon USB est débranché.

```
# ./linmctool
Waiting for Bluetooth connections.
Incoming connection...
New device 0 00:06:xx:xx:xx:xx is a PS Move
0 00:06:xx:xx:xx:xx PSMOVE seq=0 aX=4232 aY=-135 aZ=652 gX=4 gY=-9 gZ=-7 \
    mX=-94 mY=50 mZ=-91
```

- **Contrôle de la sphère du PS Move .** Les composantes R,V,B peuvent être définies sur la ligne de commande et modifiées périphérique par périphérique en saisissant des commandes sur l'entrée standard. Les changements sont transmis à l'appareil sous 3 secondes.

```
# ./linmctool --rgb 0,10,0
Waiting for Bluetooth connections.
Incoming connection...
New device 0 00:06:xx:xx:xx:xx is a PS Move
0 rgb 10,0,0
```


à l'envers, roulis à gauche, roulis à droite, tangage vers le haut, tangage vers le bas). **mccalibrate** détermine les valeurs de référence par régression elliptique.

```
# ./linmctool --nostdin | ./mccalibrate --static
Incoming connection...
New device 0 00:06:xx:xx:xx:xx is a PS Move
Read calibration from 00:06:xx:xx:xx:xx.cal
Put PS MOVE in at least 6 orientations.
Press RETURN to sample when it is stationary.
Please wait 1s... Got 1 samples, please continue.
Please wait 1s... Got 2 samples, please continue.
Please wait 1s... Got 3 samples, please continue.
Please wait 1s... Got 4 samples, please continue.
Please wait 1s... Got 5 samples, please continue.
Please wait 1s... Computing...
ACC: 6 samples, coverage 99% 99% 99%, err 19.792511
MAG: 6 samples, coverage 98% 95% 99%, err 0.741071
A0  min  +656 ppm    max  +1339 ppm
A1  min  -2325 ppm   max   +204 ppm
A2  min  -496 ppm    max  -2189 ppm
G0  min    +0 ppm    max    +0 ppm
G1  min    +0 ppm    max    +0 ppm
G2  min    +0 ppm    max    +0 ppm
M0  min -101515 ppm  max +78074 ppm
M1  min -72260 ppm  max +102799 ppm
M2  min -98625 ppm  max +91781 ppm
Wrote 00:06:xx:xx:xx:xx.cal
```

Problèmes identifiés :

- c'est la distance algébrique qui est minimisée, pas la distance euclidienne ;
- la minimisation est effectuée par exploration aléatoire, sans garantie de convergence ;
- les axes sont supposés parfaitement orthogonaux ;
- la gravité locale est supposée de 9.81 m/s² (à ajuster en altitude ; inutilisable à bord de l'ISS).

7.2. Application de la calibration à un flux de données

```
# ./linmctool | ./mccalibrate
Waiting for Bluetooth connections.
Incoming connection...
New device 0 00:06:xx:xx:xx:xx is a PS Move
Read calibration from 00:06:xx:xx:xx:xx.cal
0 00:06:xx:xx:xx:xx PSMOVE seq=12  aX=-0.10400 aY=9.82060 aZ=-0.00367  \
  gX=0.00000 gY=0.00500 gZ=0.03833  mX=0.1890  mY=0.9726  mZ=-0.3458
```

8. mctrack - Démonstration de suivi de mouvement

mctrack estime et représente graphiquement la position et l'orientation de un à quatre périphériques. Cette version ne fonctionne qu'avec le PS Move.

```
# wget http://www.pabr.org/linmctool/mctrack-20110304.c [mctrack-20110304.c]
# gcc --std=gnu99 -Wall mctrack-20110304.c -lX11 -lm -o mctrack
# ./linmctool | ./mccalibrate | ./mctrack
```

On trouvera dans la littérature scientifique nombre de publications sur l'estimation de mouvement par accéléromètres, gyros et magnétomètres. **mctrack** implémente la technique la plus élémentaire : intégration naïve par la méthode d'Euler de la rotation et de l'accélération instantanées, avec recalage à long terme sur une position de référence et une orientation absolue définie par la gravité et le champ magnétique. Les constantes de filtrage sont figées dans le code source.

9. Remerciements

L'implémentation de HID sur des *sockets* L2CAP s'inspire du *daemon hidd* de Bluez [<http://www.bluez.org/>]. Cette approche, compatible avec toutes les distributions Linux, a déjà été proposée par Jim Paris [<http://ps3.jim.sh/sixaxis/bt/>].

Le support de la Wiimote est basé sur les informations techniques publiées par le projet Wiibrew [<http://wiibrew.org/wiki/Wiimote/>].

Le support du SIXAXIS/DS3 vient de [SIXLINUX], avec en plus la prise en charge des LEDs, du gyro et du vibreur.

Le projet MoveOnPC [<http://code.google.com/p/moveonpc/>] a été le premier à contribuer au support open-source du PS Move, principalement sous Windows, y compris la localisation optique avec la caméra PS Eye.

Merci à Sony et Nintendo d'avoir adopté Bluetooth, une norme ouverte, pour leurs consoles de jeux vidéo. On leur reproche parfois ne pas respecter les spécifications HID à la lettre, mais leurs protocoles restent compréhensibles et ouverts. Les choses auraient été bien pires si les concepteurs avaient choisi d'entraver délibérément le développement de projets tiers comme celui-ci.

Bibliographie

[SIXLINUX] *Utilisation du joystick de la PlayStation 3 en mode Bluetooth avec Linux* . <http://www.pabr.org/sixlinux/sixlinux.fr.html> .

[USBHID] *Universal Serial Bus. Device Class Definition for Human Interface Devices (HID)*. http://www.usb.org/developers/devclass_docs/HID1_11.pdf.

[HIDP] *Bluetooth Specification. Human Interface Device (HID) Profile*. http://www.bluetooth.com/Specification%20Documents/HID_SPEC_V10.pdf.