الاتحـــــــــــاد الدولـــــــــــي للاتصـــــــــــالات

ITU-T

قطاع تقييس الاتصالات
في الاتحاد الدولي للاتصالات

J.1013

(2020/04)

السلسلة J: الشبكات الكبلية وإرسال إشارات تلفزيونية وبرامج صوتية وإشارات أخرى متعددة الوسائط

النفاذ المشروط والحماية – الحلول المدمجة القابلة للمبادلة للنفاذ المشروط وإدارة الحقوق الرقمية

السطح البيني المشترك المدمج (ECI) من أجل الحلول CA/DRM القابلة للمبادلة؛ الآلة الافتراضية

التوصية ITU-T J.1013

الاتحاد الدولي للاتصالات

التوصية ITU-T J.1013

السطح البيني المشترك المدمج (ECI) من أجل الحلول CA/DRM القابلة للمبادلة؛ الآلة الافتراضية

ملخص

التوصية ITU-T J.1013 هي جزء من مجموعة تضم عدة أجزاء وتتناول الآلة الافتراضية فيما يخص السطح البيني المشترك المدمج (ECI) من أجل توصيف الحلول القابلة للمبادلة للنفاذ المشروط وإدارة الحقوق الرقمية (CA/DRM).

وهذه التوصية نقل للمعيار ETSI GS ECI 001-4 الصادر عن المعهد الأوروبي لمعايير الاتصالات (ETSI) ونتاج للتعاون بين لجنة الدراسات 9 لقطاع تقييس الاتصالات والفريق ETSI ISG ECI. وقد أُدخلت تعديلات طفيفة على الفقرة 1.7.3.7.

التسلسل التاريخي

الطبعة	التوصية	تاريخ الموافقة	لجنة الدراسات	معرف الهوية الفريد*
1.0	ITU-T J.1013	2020-04-23	9	11.1002/1000/13574

مصطلحات أساسية

النفاذ المشروط (CA)، إدارة الحقوق الرقمية (DRM)، المبادلة.

---

* للنفاذ إلى توصية، ترجى كتابة العنوان http://handle.itu.int/ في حقل العنوان في متصفح الويب لديكم، متبوعاً بمعرف التوصية الفريد. ومثال ذلك، http://handle.itu.int/11.1002/1000/11830-en.

تمهيد

الاتحاد الدولي للاتصالات وكالة متخصصة للأمم المتحدة في ميدان الاتصالات وتكنولوجيات المعلومات والاتصالات (ICT). وقطاع تقييس الاتصالات (ITU-T) هو هيئة دائمة في الاتحاد الدولي للاتصالات. وهو مسؤول عن دراسة المسائل التقنية والمسائل المتعلقة بالتشغيل والتعريفة، وإصدار التوصيات بشأنها بغرض تقييس الاتصالات على الصعيد العالمي.

وتحدد الجمعية العالمية لتقييس الاتصالات (WTSA) التي تجتمع مرة كل أربع سنوات المواضيع التي يجب أن تدرسها لجان الدراسات التابعة لقطاع تقييس الاتصالات وأن تُصدر توصيات بشأنها.

وتتم الموافقة على هذه التوصيات وفقاً للإجراء الموضح في القرار 1 الصادر عن الجمعية العالمية لتقييس الاتصالات.

وفي بعض مجالات تكنولوجيا المعلومات التي تقع ضمن اختصاص قطاع تقييس الاتصالات، تُعد المعايير اللازمة على أساس التعاون مع المنظمة الدولية للتوحيد القياسي (ISO) واللجنة الكهرتقنية الدولية (IEC).

ملاحظة

تستخدم كلمة "الإدارة" في هذه التوصية لتدل بصورة موجزة سواء على إدارة اتصالات أو على وكالة تشغيل معترف بها.

والتقيد بهذه التوصية اختياري. غير أنها قد تضم بعض الأحكام الإلزامية (بهدف تأمين قابلية التشغيل البيني والتطبيق مثلاً). ويعتبر التقيّد بهذه التوصية حاصلاً عندما يتم التقيّد بجميع هذه الأحكام الإلزامية. ويستخدم فعل "يلزم" وصيغ ملزمة أخرى مثل فعل "يجب" وصيغها النافية للتعبير عن متطلبات معينة، ولا يعني استعمال هذه الصيغ أن التقيّد بهذه التوصية إلزامي.

حقوق الملكية الفكرية

يسترعي الاتحاد الانتباه إلى أن تطبيق هذه التوصية أو تنفيذها قد يستلزم استعمال حق من حقوق الملكية الفكرية. ولا يتخذ الاتحاد أي موقف من القرائن المتعلقة بحقوق الملكية الفكرية أو صلاحيتها أو نطاق تطبيقها سواء طالب بها عضو من أعضاء الاتحاد أو طرف آخر لا تشمله عملية إعداد التوصيات.

وعند الموافقة على هذه التوصية، كان الاتحاد قد تلقى إخطاراً بملكية فكرية تحميها براءات الاختراع يمكن المطالبة بها لتنفيذ هذه التوصية. ومع ذلك، ونظراً إلى أن هذه المعلومات قد لا تكون هي الأحدث، يوصى المسؤولون عن تنفيذ هذه التوصية بالاطلاع على قاعدة البيانات الخاصة ببراءات الاختراع في مكتب تقييس الاتصالات (TSB) في الموقع http://www.itu.int/ITU-T/ipr/.

© ITU 2020

جميع الحقوق محفوظة. لا يجوز استنساخ أي جزء من هذه المنشورة بأي وسيلة كانت إلا بإذن خطي مسبق من الاتحاد الدولي للاتصالات.

جدول المحتويات

الصفحة

1 مجال التطبيق 1
2 المراجع 1
3 التعاريف 1
1.3 المصطلحات المعرفة في وثائق أخرى 1
2.3 المصطلحات المعرفة في هذه التوصية 1
4 الاختصارات والأسماء المختصرة 2
5 الاصطلاحات 3
6 المبادئ المفاهيمية 3
1.6 الآلة الافتراضية بوصفها وحدة معالجة مركزية 3
2.6 خصائص الآلة الافتراضية 3
3.6 عزل الوسطاء ECI Client الفرديين 3
4.6 تحديد مواصفات الآلة الافتراضية 4
5.6 أداة تحميل الوسيط ECI Client 4
7 الآلة الافتراضية 4
1.7 بيئة التنفيذ 4
2.7 معمارية الآلة الافتراضية 5
3.7 مجموعة تعليمات الآلة الافتراضية 10
8 الواجهة بين الوسيط ECI Client والمضيف ECI Host 14
1.8 مبادئ عامة 14
2.8 قيمة الخطأ 15
3.8 SYS_EXIT 15
4.8 SYS_PUTMSG 16
5.8 SYS_GETMSG 16
6.8 SYS_HEAPSIZE 16
7.8 SYS_STACKSIZE 17
8.8 SYS_SYNCCALL 17
9.8 SYS_CLIB 17
9 دورة حياة شفرة البايتات 18
1.9 مقدمة 18
2.9 تحميل وسيط ECI Client جديد في الآلة الافتراضية 18
3.9 استهلال الآلة الافتراضية 18
4.9 حلقة التشغيل المركزية 19

الملحق A موارد نظام الآلة الافتراضية..... 20
الملحق B شفرات تشغيل الآلة الافتراضية 21
الملحق C البرامج الروتينية المعيارية في مكتبة لغة C 25
1.C مقدمة..... 25
2.C memmove..... 25
3.C strcpy..... 25
4.C strncpy 26
5.C strcat..... 26
6.C strncat 26
7.C memcmp 26
8.C strcmp..... 27
9.C strncmp..... 27
10.C memchr 27
11.C strchr 27
12.C strcspn..... 27
13.C strpbrk..... 28
14.C strrchr 28
15.C strspn..... 28
16.C strstr 28
17.C memset..... 28
الملحق D نسق ملفات وسيط ECI..... 29
التذييل I مجالات لمزيد من التطوير 30
بيبليوغرافيا 32

مقدمة

توصية قطاع تقييس الاتصالات هذه[1] هي نقل للمعيار [b-ETSI GS ECI 001-4] الصادر عن المعهد الأوروبي لمعايير الاتصالات (ETSI) ونتاج للتعاون بين لجنة الدراسات 9 لقطاع تقييس الاتصالات والفريق ETSI ISG ECI. وقد أُدخلت تعديلات طفيفة على الفقرة 1.7.3.7.

والهدف من هذه التوصية تيسير التشغيل البيني والمنافسة في خدمات الاتصالات الإلكترونية، ولا سيما في سوق أجهزة الإذاعة والأجهزة السمعية المرئية. ومع ذلك، هناك تكنولوجيات أخرى متاحة وربما تكون مناسبة ومفيدة حسب ظروف الدول الأعضاء.

تصف هذه التوصية مفهوم آلة افتراضية (VM) تُنفذ في بيئة افتراضية وتقدم مجموعة من التعليمات ووظائف نداء النظام. وقد صممت الآلة الافتراضية للعمل في مجموعة متنوعة من البيئات، وهي تعمل بشكلٍ بيني مع تطبيقات أخرى توجد على نفس الآلة باستعمال سطوح بينية محددة بشكل جيد. وهي تقدم مزيجاً من الدعم لمجموعة التعليمات الخاصة بها وآلية نمطية لتنفيذ العناصر المكتوبة في **الشفرة المتأصلة**[2] لوحدة المعالجة المركزية (CPU) في **مضيف السطح البيني المشترك المدمج (ECI Host)** وتتفاعل مع التجهيزات والعناصر الأخرى من بيئة **المضيف ECI Host**. وهذا ما يزود الآلة الافتراضية بوسيلة لتنفيذ شفرة متجددة بسهولة يمكنها توفير مجموعة واسعة من التطبيقات المأمونة المحتملة، بما في ذلك تنفيذ وسطاء الحلول CA/DRM.

1 تم تحديد العديد من مجالات التحسن في التذييل I.

2 استخدام الخط البارز في نص هذه التوصية يشير إلى مصطلحات ذات تعاريف خاصة بسياق السطح البيني المشترك المدمج وقد تختلف عن الاستعمال الشائع لها.

السطح البيني المشترك المدمج (ECI) من أجل الحلول CA/DRM القابلة للمبادلة؛ الآلة الافتراضية

1 مجال التطبيق

تصف هذه التوصية آلة افتراضية (VM) تعمل في بيئة افتراضية ويزمع إدراجها في تنفيذ المستقبلات التلفزيونية الرقمية ووحدات فك التشفير وتكون قادرة على توفير بيئة مؤمنة لتنفيذ مضمون النفاذ المشروط أو تطبيقات وسطاء إدارة الحقوق الرقمية. والغرض هو توفير بيئة تنفيذ متسقة يتمكن فيها هؤلاء الوسطاء من العمل علماً بأن متطلبات أداء **المضيف ECI Host** مستوفاة، وأن واجهة برنامج التطبيقات (API) متوفرة لاستعمالها في استرجاع بيانات الأمن الأساسية من المحتوى (أي المغلفة بالمحتوى) أو عن طريق شبكات خارجية (مثل الإنترنت) وحيث يمكن النفاذ إلى الموارد من بيئة **المضيف ECI Host** بطريقة موحدة؛ راجع أيضاً التوصية [b-ITU-T J.1010] والتوصية [b-ITU-T J.1011].

ويسمح وجود الآلة الافتراضية واستخدامها بتبادل وسطاء CA/DRM حسب الطلب ودعم أحوال متزامنة متعددة لهؤلاء الوسطاء في **مضيفي ECI Host** بحيث لا يكون المستعملون والمشغلون مرتبطين بمقدم معين للمحتوى وبحيث يمكنهم استعمال مختلف أنواع الحلول الأمنية بما يتفق مع مختلف أنماط المحتوى. وهو يضمن لمقدمي أنظمة حماية المحتوى إمكانية توافر منصة تنفيذ معروفة لا تتطلب تكاملاً معيناً مع أيّ من أجهزة **ECI Host** وبائعي هذه الأجهزة.

2 المراجع

تتضمن التوصيات التالية لقطاع تقييس الاتصالات وغيرها من المراجع أحكاماً تشكل من خلال الإشارة إليها في هذا النص جزءاً لا يتجزأ من هذه التوصية. وقد كانت جميع الطبعات المذكورة سارية الصلاحية في وقت النشر. ولما كانت جميع التوصيات والمراجع الأخرى تخضع إلى المراجعة، يرجى من جميع المستعملين لهذه التوصية السعي إلى تطبيق أحدث طبعة للتوصيات والمراجع الأخرى الواردة أدناه. وتُنشر بانتظام قائمة توصيات قطاع تقييس الاتصالات السارية الصلاحية. والإشارة إلى وثيقة ما في هذه التوصية لا يضفي على الوثيقة في حد ذاتها صفة التوصية.

[ITU-T J.1012] التوصية ITU-T J.1012 (2020)، *السطح البيني المشترك المدمج (ECI) من أجل الحلول CA/DRM القابلة للمبادلة؛ حاوية CA/DRM وأداة التحميل والسطوح البينية والإبطال.*

[ETSI GS ECI 001-4] المعيار ETSI GS ECI 001-4 V1.1.1 (2017)، *السطح البيني المشترك المدمج (ECI) من أجل الحلول CA/DRM القابلة للمبادلة؛ الجزء الرابع: الآلة الافتراضية.*

3 التعاريف

1.3 المصطلحات المعرفة في وثائق أخرى

لا توجد

2.3 المصطلحات المعرفة في هذه التوصية

تعرف هذه التوصية المصطلحات التالية:

1.2.3 شفرة البايت *(Bytecode)*: شفرة **وسيط السطح البيني المشترك المدمج (ECI)** (ويشمل عادة مضمون النفاذ المشروط أو الوسيط لإدارة الحقوق الرقمية) التي تنفذها الآلة الافتراضية (VM).

2.2.3 معدّات منشآت الوسيط *(Customer Premises Equipment)*: جهاز الوسيط الذي يوفر وظائف محددة لفك تجفير وتجفير **السطح البيني (ECI)**.

3.2.3 السطح البيني المشترك المدمج (ECI) *(ECI (Embedded CI))*: المعمارية والنظام الموصفان في المعيار "السطح البيني المشترك المدمج" لفريق المواصفات الصناعية (ISG) التابع للمعهد الأوروبي لمعايير الاتصالات (ETSI)، واللذان يسمحان بتطوير وتنفيذ **الوسطاء ECI Client** القابلين للمبادلة والقائمين على البرمجيات في معدّات منشآت الوسيط **(CPE)**، وبالتالي توفير قابلية التشغيل البيني لهذه المعدّات بالنسبة للسطح البيني **ECI**.

4.2.3 وسيط السطح البيني ECI *(ECI Client (Embedded CI Client))*: تنفيذ وسيط (CA/DRM) يمتثل لمواصفات السطح البيني **(ECI)**.

5.2.3 مضيف السطح البيني ECI *(ECI Host)*: نظام من عتاد وبرمجيات لإحدى **معدّات منشآت الوسيط (CPE)**، يغطي الوظائف المتعلقة **بالسطح البيني ECI** ولديه سطوح بينية مع **الوسيط ECI Client**.

6.2.3 شفرة متأصلة *(Native code)*: شفرة خاصة ببرنامج تكتب بواسطة مجموعة التعليمات المتأصلة القابلة للتنفيذ في معالج مضيف السطح البيني **ECI Host**.

7.2.3 حالة الآلة الافتراضية *(VM Instance)*: تجسيد للآلة الافتراضية يتم بواسطة مضيف السطح البيني **ECI Host** ويظهر لوسيط السطح البيني **ECI Client** كبيئة تنفيذية يعمل فيها.

4 الاختصارات والأسماء المختصرة

تستعمل هذه التوصية الاختصارات والأسماء المختصرة التالية:

API السطح البيني لبرمجة التطبيقات *(Application Programming Interface)*

CA النفاذ المشروط *(Conditional Access)*

CAS نظام النفاذ المشروط *(Conditional Access System)*

CI سطح بيني مشترك *(Common Interface)*

CP حماية المحتوى *(Content Protection)*

CPE معدّات منشآت الوسيط *(Customer Premises Equipment)*

CPU وحدة المعالجة المركزية *(Central Processing Unit)*

DRM إدارة الحقوق الرقمية *(Digital Rights Management)*

ECI السطح البيني المشترك المدمج *(Embedded Common Interface)*

ECP الحماية المعززة للمحتوى *(Enhanced Content Protection)*

ELF نسق قابل للتنفيذ والربط *(Executable and Linkable Format)*

EPG دليل البرنامج الإلكتروني *(Electronic Programme Guide)*

ID تعريف الهوية/هوية/معرّف الهوية *(Identification/Identity/Identifier)*

OS نظام التشغيل *(Operating System)*

OTT خدمات متاحة بحرية على الإنترنت *(Over The Top)*

PC عدّاد البرنامج *(Program Counter)*

POSIX سطح بيني محمول لنظام التشغيل *(Portable Operating System Interface)*

RISC حاسوب ذو مجموعة المختصرة من التعليمات *(Reduced Instruction Set Computer)*

VM آلة افتراضية *(Virtual Machine)*

5 الاصطلاحات

يبين استعمال المصطلحات المكتوبة بحروف بارزة أو التي تبدأ بحروف كبيرة في هذه التوصية أن هذه المصطلحات معرّفة بمعانٍ خاصة بالسطح البيني المشترك المدمج (ECI) وقد تختلف عن الاستعمال العام لتلك المصطلحات.

6 المبادئ المفاهيمية

1.6 الآلة الافتراضية بوصفها وحدة معالجة مركزية

تتألف الآلة الافتراضية (VM) في الجوهر من وحدة معالجة مركزية افتراضية مع الشفرة الخاصة بها وذاكرة بيانات ومجموعة من السطوح البينية للأنظمة توفر النفاذ إلى مزايا المعدات في آلة مضيف السطح البيني **ECI Host**. تنفّذ وحدة المعالجة المركزية التي تمت محاكاتها الشفرة بالطريقة التي تقوم بها وحدة معالجة مركزية افتراضية تعمل على 32 بتة، ويطلق في هذه التوصية على الشفرة التي تنفذها اسم **شفرة البايتات**. وبما أن الآلة الافتراضية هي محاكاة لمعالج حاسوب للأغراض العامة بمجموعة مخفضة من التعليمات (RISC)، فهي قادرة على تنفيذ مجموعة متنوعة من التطبيقات.

2.6 خصائص الآلة الافتراضية

توفر الآلة الافتراضية بيئة أحادية العملية وأحادية التعليمة.

ويتوفر السطح البيني لمعدات **المضيف ECI Host** ووظائفه الأخرى على شكل مكتبة معيارية من النداءات يطلق عليها اسم SYSCALLs. والتعليمة SYSCALL هي واحدة من التعليمات المصممة حسب الطلب للآلة الافتراضية وتنفذ عموماً بعد إعداد المعلمات اللازمة للبرنامج الروتيني للمكتبة (أي تنتقل إلى "سجلات" الآلة الافتراضية).

ويتحقق التفاعل بين الوسيط **ECI Client** و**المضيف ECI Host** من خلال هذه العملية. ولا يتم تحديد معمارية **للانقطاع**، إذ ما إن يبدأ الوسيط **ECI Client** عمله حتى يستمر به إلى النهاية. وبالتالي لا توجد فرصة لاستدعاء نداءات إلى الآلة الافتراضية. ورغم تقييد المرونة إلى حد معين، إلا أن ذلك يبقى أقل من تعزيز التحكم بتنفيذ الآلة الافتراضية (بما يضمن متانة التشغيل)، وتفادي شروط التسابق، والتداخل مع عمليات حرجة التوقيت وما إلى ذلك.

ونتيجة لذلك، فإن الوسيلة الوحيدة لنقل البيانات أو الرسائل إلى الوسيط **ECI Client** الذي يعمل في الآلة الافتراضية هي على أساس طلبات يصدرها الوسيط **ECI Client** عن طريق استدعاء النداءات SYSCALL المناسبة.

3.6 عزل الوسطاء ECI Client الفرديين

ينفذ الوسيط **ECI Client** عمله في الآلة الافتراضية، التي تتجسد على شكل تطبيق يعمل في البرمجيات الثابتة **للمضيف ECI Host**. ومن الممكن الاستناد إلى حالات متعددة للآلة الافتراضية، تشغّل كل حالة منها وسيطاً **ECI Client** مختلفاً. وهذا ما يفرض على بيئة تشغيل **المضيف ECI Host** المتطلبات الثلاثة التالية:

1) عزل الوسطاء ECI Client الفرديين – يقوم نظام التشغيل (OS) بتوزيع موارد كافية لكل حالة من **حالات الآلة الافتراضية** بحيث تستوفي جميع الحالات التي تعمل بشكل متزامن متطلبات؛ وترد القيم المقترحة لمتطلبات الأداء في [b-ITU-T Suppl.7].

2) يعاد استعمال المكتبات المعرفة في الفقرة 8 والملحق C بشكل كامل أو يتم تنفيذها بشكل منفصل بالنسبة لكل حالة من حالات الآلة الافتراضية.

3) يجب أن يضمن نظام التشغيل والآلة الافتراضية عدم إمكانية تبادل المعلومات بين الوسطاء **ECI Client** المشغلين والعالم الخارجي، بما في ذلك الوسطاء **ECI Client** الآخرين، بوسائل غير تلك المحددة صراحة لهذا الغرض كجزء من السطح البيني SYSCALL. ويعني ذلك ضمن أشياء أخرى محو المحتوى السابق للذاكرة كلها المقابلة لحيز البيانات في **حالة الآلة الافتراضية** بشكل مسبق، ومنع أي محاولة لاستعمال شروط استثنائية في الآلة الافتراضية لتحفيز سلوك غير محدد. ويعني ذلك أيضاً أنه لا توجد أمام الوسيط **ECI Client** وسيلة لتغيير **شفرة البايتات** الخاصة به. ويعني بشكل خاص

أن **المضيف ECI Host** والآلة الافتراضية سيقومان بعمليات التدقيق اللازمة لمنع الوسيط **ECI Client** من حفز سلوك غير متعمد في عمليات تنفيذ **المضيف ECI Host** أو الآلة الافتراضية من شأنه مثلاً أن يؤدي بصورة مباشرة أو غير مباشرة إلى تمكين الوسيط **ECI Client** من التلاعب (قرصنة) **المضيف ECI Host**.

4.6 تحديد مواصفات الآلة الافتراضية

ترد في الفقرات التالية من هذه التوصية تفاصيل واضحة تتعلق بالآلة الافتراضية نفسها:

1) المعمارية التقنية للآلة الافتراضية.

2) مجموعة تعليمات الآلة الافتراضية.

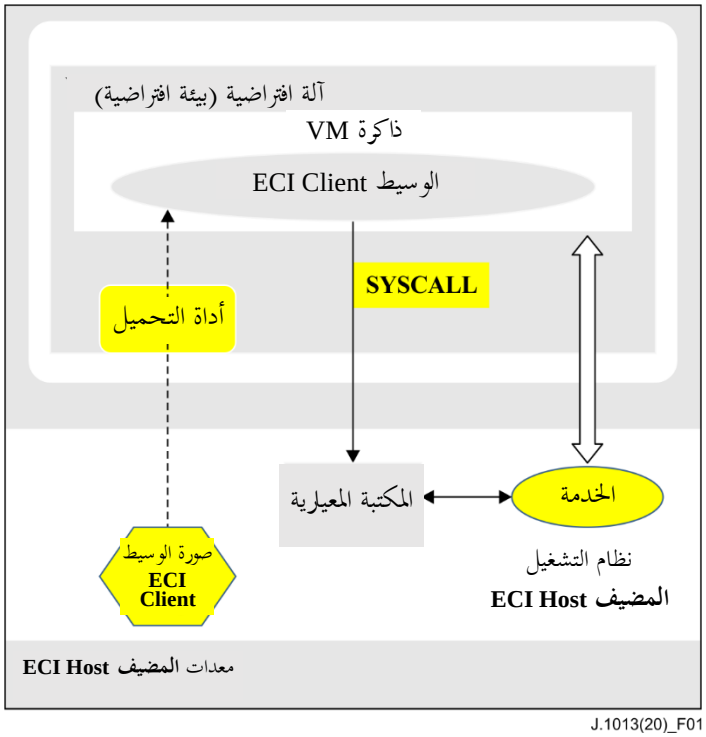
3) السطح البيني **لمضيف ECI Host**.

5.6 أداة تحميل الوسيط ECI Client

من أجل تنفيذ الوسيط **ECI Client**، يجب أولاً تحميل **شفرة البايتات** في حيز الشفرة داخل ذاكرة الآلة الافتراضية واستهلال حيز البيانات. وتتناول الفقرة 9 بعض جوانب نسق حاوية الوسيط **ECI Client** واستهلال الآلة الافتراضية.

7 الآلة الافتراضية

1.7 بيئة التنفيذ



الشكل 1 – بيئة المضيف ECI Host

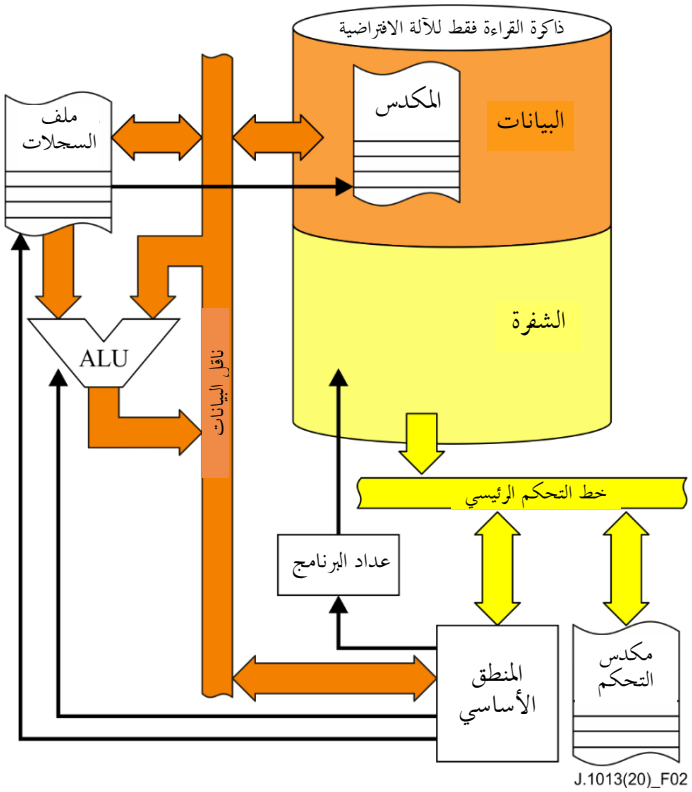
كما هو مبين في الشكل 1، تشغّل الآلة الافتراضية في بيئة افتراضية تضمن العزل عن نظام تشغيل **المضيف ECI Host**، وعن حالات أخرى للآلة الافتراضية وعن التطبيقات الأخرى التي تعمل داخل **المضيف ECI Host**.

وتشمل الآلة الافتراضية تطبيقاً متأصلاً للمضيف **ECI Host**، مع ذاكرة مقترنة به، ومكتبة الواجهة، وأداة تحميل لتركيب **شفرة البايتات** وتشكيل الوسيط **ECI Client**. وتزود مكتبة الواجهة الوسيط **ECI Client** بإمكانية النفاذ إلى خصائص نظام

تشغيل **المضيف ECI Host** ومعداته وكذلك إلى التطبيقات الأخرى التي يمكن أن تعمل في **المضيف ECI Host** والتي قد يحتاج الوسيط **ECI Client** إلى التفاعل معها. وقد يكون المثال النموذجي على ذلك التفاعل مع تطبيق دليل البرنامج الإلكتروني (EPG) الذي قد يقتضي حالة ترخيص من أجل عرض محتوى محدد على المستعمل.

2.7 معمارية الآلة الافتراضية

1.2.7 معمارية وحدة المعالجة المركزية



الشكل 2 – معمارية المعالج الافتراضي

يبين الشكل 2 معمارية وحدة المعالجة المركزية في الآلة الافتراضية. والآلة الافتراضية هي آلة للسجلات تتميز بالخصائص التالية:

- ملف للسجلات يحتوي على سجلات عامة الأغراض يتألف السجل الواحد منها من 32 بتة. تكون هذه السجلات مرتّبة في نافذة السجلات. وتتضمن كل نافذة 32 سجلاً. ويتداخل آخر 16 سجلاً من كل نافذة مع أول 16 سجلاً من النافذة التالية. ويقوم اثنان من هذه السجلات في كل نافذة بدور مؤشر المكدس ومؤشر الإطار. ويتمثل العدد الإجمالي للسجلات في ملف السجلات بالرمز REGISTER_FILE_SIZE، ويتحدد في الملحق A.
- معمارية هارفرد لوحدة المعالجة المركزية. تخزن البيانات في حيّز موحّد للذاكرة مؤلف من 32 بتة. وتخزن الشفرة في حيز ذاكرة للقراءة فقط وغير قابلة للعنونة.
- يقوم مكدس تحكم منفصل بتتبع عناوين المرتجعات. ولا تتوفر للشفرة **Bytecode** أو للتطبيقات الخارجية إمكانية النفاذ إلى محتويات هذا المكدس. ويمكن أن يخزن المكدس عدداً من عناوين المرتجعات يصل إلى حجم CONTROL_STACK_SIZE (انظر الملحق A).
- تعليمات التحميل والخزن لأنواع البيانات الجبرية وغير الجبرية المكونة من بايتات وأنصاف كلمات وكلمات مؤلفة من 8 و16 و32 بتة على التوالي.
- مجموعة من التعليمات التي تتضمن الكثير من تعليمات معالجة البيانات مصممة بحسب مجال التطبيق.

- ترتيب متأصل للبايتات من أجل التحميل والتخزين فعال، مستقل عن الترتيب بحسب الأهمية. ويستخدم الاصطفاف الطبيعي (الاصطفاف = الحجم) للأنماط الأساسية لجعل شفرة البايتات قابلة للنقل إلى أقصى حدّ. وبعبارة أخرى، يكون عنوان نصف الكلمة في الذاكرة مزدوجاً على الدوام، وعنوان الكلمة مضاعفاً لأربعة على الدوام.
- تعليمة نداء النظام (SYSCALL) التي يمكن استعمالها لتنفيذ خدمات النظام. يسمح ذلك أيضاً بتوسيع الآلة الافتراضية بوظائف مدمجة، على سبيل المثال للقيام بمعالجة البيانات الأكثر تكراراً بشكل متأصل.
- ذاكرة مستدعاة تدعم حيزاً مجزءاً للذاكرة. كما تسمح بإنشاء تقابل بين الذاكرة المحلية وحيز ذاكرة الآلة الافتراضية.

2.2.7 السجلات

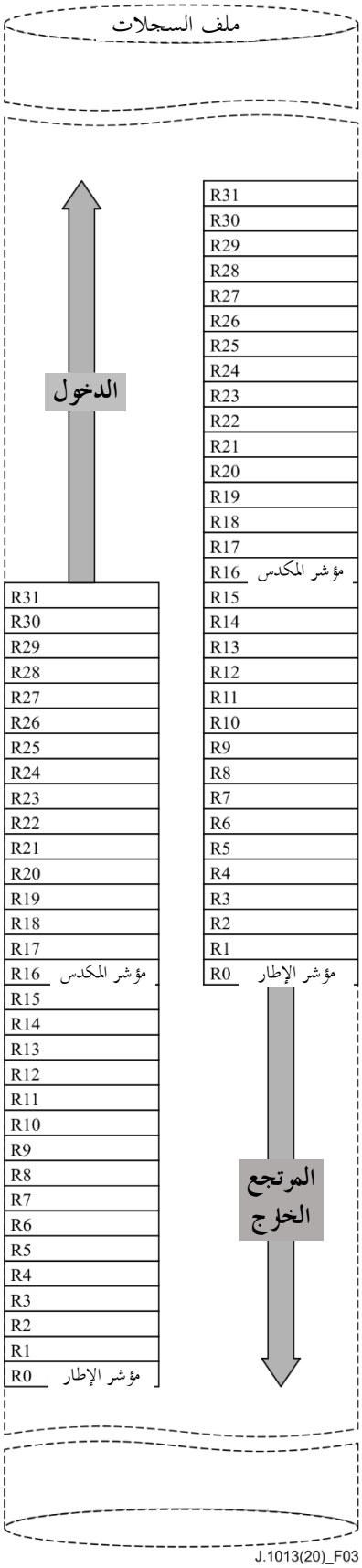
يوجد في كل نافذة سجلات 32 سجلاً مرئياً هي R0 إلى R31. ويحجز سجلان للمعالجة الخاصة. ويمثل السجل R0 مؤشر الإطار وR16 مؤشر المكدس. وسيرد فيما يلي استعمال هذه السجلات بمزيد من التفصيل.

تقوم تعليمة الدخول ENTER عند مدخل إحدى الوظائف بإزاحة نافذة السجلات بقيمة ستة عشر سجلاً. يحوّل ذلك مؤشر المكدس السابق إلى مؤشر جديد للإطار، ويوفر مؤشر مكدس جديد وخمسة عشر سجلاً إضافياً. ويُستهل مؤشر المكدس الجديد بطرح حجم الإطار الذي تعطيه التعليمة ENTER من مؤشر الإطار.

وتؤدي التعليمة RETURN العملية المعاكسة. فتؤدي إلى إزاحة النافذة رجوعاً مسافة ستة عشر سجلاً، وتستعيد بالتالي مؤشر الإطار ومؤشر المكدس السابقَيْن.

ونظراً لعدم إمكانية الوصول إلى السجلات الأصلية R0 إلى R15 من البرنامج الروتيني المستدعى، فإنها تعتبر تلقائياً سجلات يحفظها المرسَل إليه. وبما أن عنوان المرسِل محفوظ على مكدس تحكم منفصل، لا يوجد مكدس للبيانات يمكن استعماله للسجلات التي يحفظها المرسَل إليه ولعناوين المرسِل.

يكون العدد الفعلي للسجلات محدوداً، ولذلك يوجد حد أقصى لعمق مكدس النداءات الخاصة بوسيط **ECI Client** (CONTROL_STACK_SIZE). ويؤدي تجاوز هذا العمق إلى إجهاض برنامج الآلة الافتراضية. ويمكن تحديد عدد السجلات والعمق المقابل لمكدس النداءات عند إنشاء عملية الآلة الافتراضية.

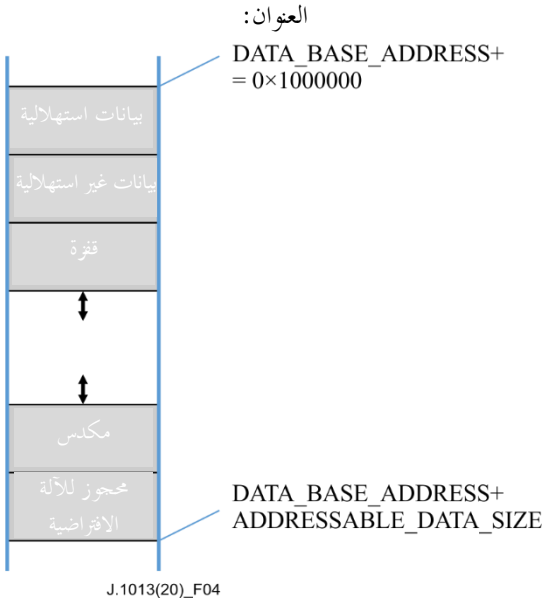


الشكل 3 – معمارية ملف السجلات

3.2.7 حيّز البيانات

يمثل الرقم 0x1000000 (Mbyte 16) العنوان الأساسي للبيانات في الآلة الافتراضية المعرّف بالرمز DATA_BASE_ADDRESS (انظر الملحق A). ويتمثل أصغر عنوان غير قابل للعنونة فوق الذاكرة القابلة للعنونة بالقيمة DATA_BASE_ADDRESS + ADDRESSABLE_DATA_SIZE (انظر الملحق A). ويحدد العنوان الأساسي للمكدس بتنفيذ الآلة الافتراضية، ولكنه يوجد ناحية الطرف الأعلى لحيز العناوين. ويمكن أن تحجز الآلة الافتراضية حجماً أقصى يساوي VM_RESEVED_SIZE (انظر الملحق A) لأغراض خاصة في حيز العناوين التابع للوسيط **ECI Client** "تحت" المكدس (على عنوان أعلى). وعند استهلال الآلة الافتراضية، يشير مؤشر المكدس إلى أول موقع خال في المكدس. ويمكن لوسيط **ECI Client** أن يفترض أن قمة الكومة (الفارغة) عند الاستهلال تساوي حجم مقطع البيانات الاستهلالية + حجم مقطع البيانات غير الاستهلالية، وكلاهما مقرّب إلى مضاعف العدد 4.

ويُعرض في الشكل 4 تصميم ذاكرة البيانات.



الشكل 4 – تصميم ذاكرة البيانات في الآلة الافتراضية

عند استهلال **الوسيط ECI Client**، تقوم أداة تحميل **الوسيط ECI Client** بتحميل مقطعي البيانات الاستهلالية وغير الاستهلالية في العنوان DATA_BASE_ADDRESS. وتضبط جميع البايتات في مقطع البيانات غير الاستهلالية على الصفر. ولا يمكن الكتابة فوق مقطع البيانات الاستهلالية.

الملاحظة 1 – يكون حجم المكدس في البداية مقيداً. وبما أن هياكل البيانات المحلية المحددة في الوظائف c توزع عادة على المكدس، ينبغي أن يقوم **الوسيط ECI Client** بضبط مقطع المكدس على حجم مناسب إذا استعملت متغيرات محلية كبيرة في الشفرة c.

الملاحظة 2 – يمكن **للمضيف ECI Host** أن ينشئ تقابلاً بين الذاكرات المؤقتة للرسائل والذاكرة المحجوزة للآلة الافتراضية تحت العنوان الأساسي للمكدس.

وقد تقوم النسخ المرتقبة للآلة الافتراضية بحجز المزيد من الذاكرة القابلة للبرمجة لوسطاء **ECI Client**؛ أي قد يكون لها حجم ADDRESSABLE_DATA_SIZE أكبر. ولأغراض التوافق العكسي، يجب ألا يعتمد وسطاء **ECI Client** على القيمة المحددة أو مدى قيم مؤشر المكدس المحدد حالياً، بل أن يستعملوا ببساطة مؤشر المكدس وكأنه انتقل إلى المرحلة الاستهلالية.

وينبغي ألا تقوم أداة تحميل **الوسيط ECI Client** بتحميل ملفات الصور التي لا تلتزم بتقاليد تصميم الذاكرة بالنسبة لمقطع البيانات الاستهلالية وغير الاستهلالية.

4.2.7 حيز الشفرة

لا يستطيع البرنامج أن ينفذ مباشرة إلى الشفرة. وقد يحصل البرنامج على مراجع عاتمة مؤلفة من 32 بتة لأشياء الشفرة الثابتة (مثل نقطة دخول البرنامج الروتيني، هدف القفزة) التي تسمى *مراجع الشفرة* (انظر التعليمة MOVF). ولا يمكن استعمال *مراجع الشفرة* إلا مع تعليمات غير مباشرة لتدفق التحكم (JMPR وCALLR). وليست *مراجع الشفرة* مؤشرات لحيز ذاكرة الشفرة، ولا يمكن أن يقترن بها أي مؤشر حسابي.

يمثل الرقم 0x00000000 عنوان البداية في مقطع الشفرة ضمن حيز عنوان الشفرة. ويعرّف الحجم الأقصى لمقطع الشفرة بالقيمة CODE_SIZE (انظر الملحق A).

5.2.7 المكدس

يعرّف المكدس عادة بأنه يوضع في ذاكرة البيانات، وباحتوائه على كلمات فقط، وبأنه يزداد باتجاه العناوين السفلى، وبأن السجل R16 *(مؤشر المكدس)* يشير إلى قمته (آخر كلمة وضعت فيه).

ويستعمل مؤشر الإطار R0 كمؤشر إلى مكدس المرسَل إليه لكي يتسنى للبرنامج الروتيني النفاذ إلى المعلمات أو البيانات الأخرى التي توضع في المكدس (انظر الفقرة 8.2.7).

6.2.7 ترتيب البايتات بحسب الأهمية

يتم تمثيل البيانات المتعددة البايتات (أنصاف كلمات أو كلمات) في ذاكرة النظام بنسق الترتيب الأقل أهمية. أما برمجيات **الوسيط ECI Client** فتستخدم الترتيب الأقل أهمية.

7.2.7 الاستثناءات

لا تقدم وحدة المعالجة المركزية في الآلة الافتراضية أي استثناء أثناء عملية التنفيذ. فإذا نفّذت إحدى العمليات طبقاً لشروط غير تلك المبينة في هذه التوصية (مثل النفاذ غير المتراصف إلى نصف كلمة أو كلمة في الذاكرة، والنفاذ إلى أي عنوان في الذاكرة ليس له ذاكرة مقابلة، وفرع لمرجع شفرات غير معروف)، يكون السلوك غير محدد. ويمكن للآلة الافتراضية أن تختار إنهاء المضمون. وتضمن الآلة الافتراضية أنه لا يمكن تحت أي ظرف من الظروف **لوسيط ECI Client** يعمل خارج هذه التوصية أن يحصل على النفاذ إلى بيانات غير مرخصة أو أن يؤثر على أي تطبيق آخر.

8.2.7 اتفاق النداء

ينقل اتفاق النداء المعلمات العددية السبع الأولى (المؤشرات والأعداد الصحيحة) إلى السجلات R17 إلى R23. لكن المرسَل إليه يرى هذه المعلمات في السجلات R1 إلى R7.

أما المعلمات العددية التي تأتي بعد المعلمة السابعة فينقلها المرسل إلى المكدس من اليمين إلى اليسار. وبسبب آلية نافذة السجلات، يستطيع المرسل إليه أن يجد دائماً المعلمة الثامنة (إن وجدت) التي يشير إليها السجل R0. وبالتالي يصبح R0 *مؤشر الإطار*. وتنقل معلمات الهيكل دائماً إلى المكدس، أو بحسب المرجع. وتشير المؤشرات دائماً إلى حيز الذاكرة في الآلة الافتراضية.

ملاحظة – تنقل جميع النداءات SYSCALLs الهياكل والصفيفات بحسب المرجع فقط. وينبغي استعمال هذا النهج للنداءات الأخرى كذلك.

يترك المرسَل إليه القيمة المرتجعة في السجل R1، الذي يراه المرسِل كأنه السجل R17. أما الأنماط التي يقل فيها عدد البتات عن 32 بتة فتنقل (وترتجع) باعتبارها قيماً مؤلفة من 32 بتة.

وينفذ مرتجع الهيكل عن طريق نقل معلمة أولى ضمنية تكون مؤشراً للذاكرة حيث يتوقع أن يخزن (ينقل بحسب المرجع) نمط المرتجع. ويكتب المرسل إليه النتيجة التي حصل عليها في الموقع الذي تشير إليه هذه المعلمة. وتتم معالجة مؤشر المرتجع مثلما يعالج متغير الدالة العادي (ينقل من R17 إلى R1)، مما يعني أن المتغيرات العادية للدالة، التي ترجع هيكلاً، تزاح نحو سجلات أخرى في اتفاق النداء (R18..R23 → R2..R7) أو عن طريق المكدس.

3.7 مجموعة تعليمات الآلة الافتراضية

1.3.7 الرموز

تستخدم الرموز التالية:

```
rx       Register x.
uimm5    5 bit unsigned immediate.
uimms9   9 bit unsigned immediate. Always a multiple of two.
uimms10  10 bit unsigned immediate. Always a multiple of four.
simm11   11 bit signed immediate.
simm16   16 bit signed immediate.
uimm16   16 bit unsigned immediate.
pcr16    16 bit signed PC-relative
pcr24    24 bit signed PC-relative
imm32    32 bit immediate.
low8(x)  The least significant 8 bits of x.
low16(x) The least significant 16 bits of x.
```

تستخدم هذه الأوصاف دلالات اللغة C على أنماط من الأعداد الصحيحة مؤلفة من 32 بتة. ويشار على شكل التعليقات إلى قدرة العملية على دعم أنماط البيانات الجبرية أو غير الجبرية. ويتم النفاذ إلى الذاكرة بواسطة التعليمات MEM1() وMEM2() وMEM4() التي تتيح النفاذ إلى ذاكرة مؤلفة من بايت واحد أو اثنين أو أربعة بايتات على التوالي. ويتمثل متأثر هذه العمليات بإزاحة داخل مقطع البيانات. وعند الاقتضاء، يوضع الحرف U قبل MEM للدلالة على العمليات غير الجبرية أو الحرف S للدلالة على العمليات الجبرية الموسعة.

2.3.7 التعليمات الحسابية

1.2.3.7 متأثرات السجلات

```
ADD     r1,r2,rd       ; rd = r1 + r2;
SUB     r1,r2,rd       ; rd = r1 - r2;
OR      r1,r2,rd       ; rd = r1 | r2;
AND     r1,r2,rd       ; rd = r1 & r2;
XOR     r1,r2,rd       ; rd = r1 ^ r2;
SRA     r1,r2,rd       ; rd = r1 >> r2;     signed shift right
SRL     r1,r2,rd       ; rd = r1 >> r2;     logic shift right
SLL     r1,r2,rd       ; rd = r1 << r2;
MUL     r1,r2,rd       ; rd = r1 * r2;
SDIV    r1,r2,rd       ; rd = r1 / r2;      signed divide
SMOD    r1,r2,rd       ; rd = r1 % r2;      signed remainder
UDIV    r1,r2,rd       ; rd = r1 / r2;      unsigned divide
UMOD    r1,r2,rd       ; rd = r1 % r2;      unsigned remainder
EQ      r1,r2,rd       ; rd = r1 == r2;
NE      r1,r2,rd       ; rd = r1 != r2;
LT      r1,r2,rd       ; rd = r1 < r2;      signed less than
GE      r1,r2,rd       ; rd = r1 >= r2;     signed greater or equal
LTU     r1,r2,rd       ; rd = r1 < r2;      unsigned less than
GEU     r1,r2,rd       ; rd = r1 >= r2;     unsigned greater or equal
NOT     r1,rd          ; rd = ~r1;
NEG     r1,rd          ; rd = -r1;
ABS     r1,rd          ; rd = abs(r1);
MOV     r1,rd          ; rd = r1;
EXTB    r1,rd          ; rd = (int8_t) r1;   sign-extend from 8 bits
EXTH    r1,rd          ; rd = (int16_t) r1;  sign-extend from 16 bits
ZEXTB   r1,rd          ; rd = (uint8_t) r1;  zero-extend from 8 bits
ZEXTH   r1,rd          ; rd = (uint16_t) r1; zero-extend from 16 bits
MASKHI  r1,rd          ; rd = ~(-1) >> r1;   logic shift rig
```

2.2.3.7 السجل المباشر

```
ADDI    r1,imm32,rd       ; rd = r1 + imm32;
RSUBI   r1,imm32,rd       ; rd = imm32 - r1;
ORI     r1,imm32,rd       ; rd = r1 | imm32;
NORI    r1,imm32,rd       ; rd = ~(r1 | imm32);
ANDI    r1,imm32,rd       ; rd = r1 & imm32;
NANDI   r1,imm32,rd       ; rd = ~(r1 & imm32);
XORI    r1,imm32,rd       ; rd = r1 ^ imm32;
XNORI   r1,imm32,rd       ; rd = ~(r1 ^ imm32);
SRAI    r1,uimm5,rd       ; rd = r1 >> uimm5;     signed
SRLI    r1,uimm5,rd       ; rd = r1 >> uimm5;     logic
SLLI    r1,uimm5,rd       ; rd = r1 << uimm5;
```

```
MULI    r1,imm32,rd       ; rd = r1 * imm32;
MACI    r1,imm32,rd       ; rd += r1 * imm32;
SMODI   r1,imm32,rd       ; rd = r1 % imm32;      signed
SDIVI   r1,imm32,rd       ; rd = r1 / imm32;      signed
UMODI   r1,imm32,rd       ; rd = r1 % imm32;      unsigned
UDIVI   r1,imm32,rd       ; rd = r1 / imm32;      unsigned
EQI     r1,imm32,rd       ; rd = r1 == imm32;
NEI     r1,imm32,rd       ; rd = r1 != imm32;
LTI     r1,imm32,rd       ; rd = r1 < imm32;      signed
GTI     r1,imm32,rd       ; rd = r1 > imm32;      signed
GEI     r1,imm32,rd       ; rd = r1 >= imm32;     signed
LEI     r1,imm32,rd       ; rd = r1 <= imm32;     signed
LTUI    r1,imm32,rd       ; rd = r1 < imm32;      unsigned
GTUI    r1,imm32,rd       ; rd = r1 > imm32;      unsigned
GEUI    r1,imm32,rd       ; rd = r1 >= imm32;     unsigned
LEUI    r1,imm32,rd       ; rd = r1 <= imm32;     unsigned
ADDMXI  r1,imm32,rd       ; rd = (r1 + imm32) % 0x7fffffff;
MOVC    simm16,rd         ; rd = simm16;
MOVI    imm32,rd          ; rd = imm32;
MOVF    caddr,rd          ; rd = caddr;           load code reference
CLR     rd                ; rd = 0;
INC     rd                ; rd = rd + 1;
DEC     rd                ; rd = rd - 1;
```

تتقيد عمليتا القسمة الجبرية والباقي بالتعريف C99: حيث تقطع القسمة النتيجة الرياضية نحو الصفر؛ ويتقيد الباقي بالعلاقة:

$$\frac{a}{b}\times b + a\%b = a$$

حيث يمثل الرمز % دالة الباقي، أو مقياس القسمة.

يكون المتأثر الذي يوجد على يمين تعليمات الإزاحة في النطاق [0, 31]، وفيما عدا ذلك يكون السلوك غير محدد. وتقوم الإزاحة الجبرية إلى اليمين بنسخ البتة الأصلية الأكثر دلالة داخل المواقع الشاغرة. ويقابل ذلك من الناحية الحسابية القسمة على قوة العدد 2، ما يقرب النتيجة الحسابية إلى اللانهاية السلبية (تدوير إلى *الأسفل*).

3.3.7 الأشكال المقتضبة

هناك حالات كثيرة للتعليمات ذات المتأثرات الثلاثة تستخدم أحد المتأثرات بوصفه النتيجة. وبما أنه يمكن تشفير هذه المتأثرات بشكل مضغوط بدرجة أكبر، يتاح عدد كبير من شفرات التشغيل لهذه المتأثرات:

```
ADD2    r1,rd                     ; rd += r1;
SUB2    r1,rd                     ; rd -= r1;
MUL2    r1,rd                     ; rd *= r1;
AND2    r1,rd                     ; rd &= r1;
OR2     r1,rd                     ; rd |= r1;
XOR2    r1,rd                     ; rd ^= r1;
XNOR2   r1,rd                     ; rd = ~(rd ^ r1);
NE2     r1,rd                     ; rd = r1 != rd;
EQ2     r1,rd                     ; rd = r1 == rd;
SLL2    r1,rd                     ; rd <<= r1;
SRA2    r1,rd                     ; rd >>= r1;          signed
SRL2    r1,rd                     ; rd >>= r1;          logical
```

وتقوم العمليات المباشرة على البتات باختبار بتة واحدة أو تعديلها. ويمكن تشفير هذه العمليات المباشرة باستعمال 5 بتات لإعطاء موقع البتة.

```
ANDB   r1,uimm5,rd                ; rd = r1 & (1 << uimm5);
ORB    r1,uimm5,rd                ; rd = r1 | (1 << uimm5);
XORB   r1,uimm5,rd                ; rd = r1 ^ (1 << uimm5);
TESTB  r1,uimm5,rd                ; rd = (r1 >> uimm5) & 1;
TESTBC r1,uimm5,rd                ; rd = ! ((r1 >> uimm5) & 1);
```

وهناك عدد كبير من عمليات المقارنة التي تختلف نتيجتها عن الصفر. وهذا ما يوفر متأثراً مباشراً وتكون محاكاته أقل تكلفة.

```
EQZ     r1,rd                     ; rd = r1 == 0;
NEZ     r1,rd                     ; rd = r1 != 0;
LTZ     r1,rd                     ; rd = r1 < 0;
GTZ     r1,rd                     ; rd = r1 > 0;
LEZ     r1,rd                     ; rd = r1 <= 0;
GEZ     r1,rd                     ; rd = r1 >= 0;
```

ولا يوجد سبب لوجود نسخ غير جبرية. فهي إما صحيحة أو خاطئة أو يمكن التعبير عنها باستعمال التعليمتين EQZ أو NEZ.

4.3.7 تدفق التحكم

1.4.3.7 القواعد المشتركة

تقوم تعليمات تدفق التحكم مع المتأثرات المباشرة بتشفير أهدافها بالنسبة إلى العنوان النهائي للتعليمة. وفي تدفق التحكم القائم على السجلات، يحجز السجل فهرس مؤشرات الدالة.

2.4.3.7 الفروع غير المشروطة ونداءات الدالة

```
JMP     pcr24               ; goto PC+pcr24;
JMPR    rd                  ; goto rd (shall be code reference);
CALL    pcr24               ; push PC; goto PC+pcr24;
CALLR   rd                  ; push program counter; goto rd (code reference);
ENTER   uimm16              ; shift register file by 16 (new r0 is old r16);
                            ; r16 = r0 - 4 * uimm16;
ENTER0                      ; equivalent to ENTER 0
ENTERC  uimms10             ; equivalent to ENTER uimms10
LEAVE                       ; unshift register file
RETURN                      ; unshift register file;
                            ; goto popped program counter;
RETURNL                     ; goto popped program counter;

SWITCH  r1,uimm16           ; goto PC + MIN(r1, uimm16)
                          ; advance to r1th CASE statement below
CASE    pcr24               ; goto PC + pcr24
                          ; add a case in the previous SWITCH. The first
                            ; entry is case value zero, each next one adds
                            ; one to the case value.
```

3.4.3.7 الفروع المشروطة

```
JEQ     r1,r2,pcr16             ; if (r1 == r2) goto PC+pcr16;
JNE     r1,r2,pcr16             ; if (r1 != r2) goto PC+pcr16;
JLT     r1,r2,pcr16             ; if (r1 < r2) goto PC+pcr16;
JGE     r1,r2,pcr16             ; if (r1 >= r2) goto PC+pcr16;
JLTU    r1,r2,pcr16             ; if ((unsigned)r1 < (unsigned)r2) goto PC+pcr16;
JGEU    r1,r2,pcr16             ; if ((unsigned)r1 >= (unsigned)r2) goto PC+pcr16;

JEQC    r1,simm11,pcr16         ; if (r1 == simm11) goto PC+pcr16;
JNEC    r1,simm11,pcr16         ; if (r1 != simm11) goto PC+pcr16;
JLTC    r1,simm11,pcr16         ; if (r1 < simm11) goto PC+pcr16;
JGEC    r1,simm11,pcr16         ; if (r1 >= simm11) goto PC+pcr16;
JLTUC   r1,uimm11,pcr16         ; if ((unsigned) r1 < uimm11) goto PC+pcr16;
JGEUC   r1,uimm11,pcr16         ; if ((unsigned) r1 >= uimm11) goto PC+pcr16;
JGTC    r1,simm11,pcr16         ; if (r1 > simm11) goto PC+pcr16;
JLEC    r1,simm11,pcr16         ; if (r1 <= simm11) goto PC+pcr16;
JGTUC   r1,uimm11,pcr16         ; if ((unsigned) r1 > uimm11) goto PC+pcr16;
JLEUC   r1,uimm11,pcr16         ; if ((unsigned) r1 <= uimm11) goto PC+pcr16;
```

4.4.3.7 الفروع المشروطة القائمة على عمليات مقارنة الذاكرة بعدد ثابت

```
JWEQC   r1,simm11,pcr16     ; if (MEM4(r1) == simm11) goto PC+pcr16;
JWNEC   r1,simm11,pcr16     ; if (MEM4(r1) != simm11) goto PC+pcr16;
```

تقرأ هذه الفروع كلمة من الذاكرة وتقارنها بعدد ثابت.

5.4.3.7 الفروع المشروطة البعيدة

يوجد لكل فرع من الفروع المشروطة الواردة أعلاه نسخة *بعيدة* تتسم بإزاحة بمقدار 24 بتة. وينبغي أن يختار البرنامج المؤول (assembler) أقصر نسخة تعتبر مناسبة.

5.3.7 تعليمات التحميل والتخزين

1.5.3.7 السجل + الإزاحة

```
LDSBI     r1,imm32,rd                   ; rd = SMEM1(r1 + imm32);
LDUBI     r1,imm32,rd                   ; rd = UMEM1(r1 + imm32);
LDSHI     r1,imm32,rd                   ; rd = SMEM2(r1 + imm32);
LDUHI     r1,imm32,rd                   ; rd = UMEM2(r1 + imm32);
LDWI      r1,imm32,rd                   ; rd = MEM4 (r1 + imm32);

STBI      rd,r1,imm32                   ; MEM1(r1 + imm32) = low8(rd);
STHI      rd,r1,imm32                   ; MEM2(r1 + imm32) = low16(rd);
STWI      rd,r1,imm32                   ; MEM4(r1 + imm32) = rd;
```

2.5.3.7 السجل + إزاحة قصيرة

```
LDSBC     r1,uimm8,rd                    ; rd = SMEM1(r1 + uimm8);
LDUBC     r1,uimm8,rd                    ; rd = UMEM1(r1 + uimm8);
LDSHC     r1,uimms9,rd                   ; rd = SMEM2(r1 + uimms9);
LDUHC     r1,uimms9,rd                   ; rd = UMEM2(r1 + uimms9);
LDWC      r1,uimms10,rd                  ; rd = MEM4 (r1 + uimms10);

STBC      rd,r1,uimm8                    ; MEM1(r1 + uimm8) = low8(rd);
STHC      rd,r1,uimms9                   ; MEM2(r1 + uimms9) = low16(rd);
STWC      rd,r1,uimms10                  ; MEM4(r1 + uimms10) = rd;
```

3.5.3.7 السجل المفهرس

```
LDUB      r1,r2,rd                       ; rd = UMEM1(r1 + r2);
LDSB      r1,r2,rd                       ; rd = SMEM1(r1 + r2);
LDUH      r1,r2,rd                       ; rd = UMEM2(r1 + 2 * r2);
LDSH      r1,r2,rd                       ; rd = SMEM2(r1 + 2 * r2);
LDW       r1,r2,rd                       ; rd = MEM4(r1 + 4 * r2);

STB       rd,r1,r2                       ; MEM1(r1 + r2) = rd;
STH       rd,r1,r2                       ; MEM2(r1 + 2 * r2) = rd;
STW       rd,r1,r2                       ; MEM4(r1 + 4 * r2) = rd;

LDW1      r1,r2,rd                           ; rd = MEM4(r1 + r2);
STW1      rd,r1,r2                           ; MEM4(r1 + r2) = rd;
```

4.5.3.7 السجل المطلق المفهرس

```
LDSHAX    imm32,r1,rd                        ; rd = SMEM2(imm32 + 2 * r1);
LDUHAX    imm32,r1,rd                        ; rd = UMEM2(imm32 + 2 * r1);
LDWAX     imm32,r1,rd                        ; rd = MEM4(imm32 + 4 * r1);
STHAX     rd,imm32,r1                        ; MEM2(imm32 + 2 * r1)= rd;
STWAX     rd,imm32,r1                        ; MEM4(imm32 + 4 * r1)= rd;
```

تجدر الإشارة إلى أنه لا حاجة إلى حمولات مفهرسة مطلقة من البايتات. فعلى سبيل المثال، LDSBAX يعادل LDSBI.

5.5.3.7 النفاذ المخصص للمكدس

وهي حمولات من الكلمات وأشياء مخزونة تستخدم مؤشر الإطار بشكل ضمني.

```
LDFP      simm16,r1                          ; r1 = MEM4(FP + simm16);
STFP      r1,simm16                      ; MEM4(FP + simm16) = r1;
```

6.5.3.7 نقل الذاكرة

وهي تعليمة لنسخ المجموعة تستخدم من أجل نسخ المجموعات التي يولدها البرنامج المجمّع (compiler).

```
COPY      r1,s:uimm32,r2,o:uimm32        ; copy s bytes from r1 to r2+o
```

6.3.7 تعليمات معقدة

توجد تعليمات تقوم بمجموعة من العمليات، عادة مع متأثرات مباشرة. وفي هذا الملخص يتألف كل متأثر يشار إليه بالرمز i1، i2، إلخ.، من 32 بتة مباشرة (imm32).

```
ADDANDI2     r1,i1,i2,rd                 ; rd = (r1 + i1) & i2;
ADDMULI2     r1,i1,i2,rd                 ; rd = (r1 + i1) * i2;
ADDORI2 r1,i1,i2,rd                      ; rd = (r1 + i1) | i2;
ADDXORI2     r1,i1,i2,rd                 ; rd = (r1 + i1) ^ i2;

MULADDI2     r1,i1,i2,rd                 ; rd = (r1 * i1) + i2;
MULANDI2     r1,i1,i2,rd                 ; rd = (r1 * i1) & i2;
MULORI2 r1,i1,i2,rd                      ; rd = (r1 * i1) | i2;
MULXORI2     r1,i1,i2rd                  ; rd = (r1 * i1) ^ i2;

RSUBANDI2    r1,i1,i2,rd                 ; rd = (i1 – r1) & i2;
RSUBORI2     r1,i1,i2,rd                 ; rd = (i1 – r1) | i2;
RSUBXORI2    r1,i1,i2,rd                 ; rd = (i1 – r1) ^ i2;

ORADDI2 r1,i1,i2,rd                      ; rd = (r1 | i1) + i2;
ORMULI2 r1,i1,i2,rd                      ; rd = (r1 | i1) * i2;

SLLADDI2     r1,s1:uimm5,i2,rd           ; rd = (r1 << s1) + i2;
SLLANDI2     r1,s1:uimm5,i2,rd           ; rd = (r1 << s1) & i2;
SLLORI2 r1,s1:uimm5,i2,rd                ; rd = (r1 << s1) | i2;
SLLRSUBI2    r1,s1:uimm5,i2,rd           ; rd = i2 - (r1 << s1);
```

```
ANDSLLI2    r1,i1,s2:uimm5,rd              ; rd = (r1 & i1) << s2;

MAMI3       r1,i1,i2,i3,rd                 ; rd = ((r1 * i1) & i2) * i3;
MPMI3       r1,i1,i2,i3,rd                 ; rd = ((r1 * i1) + i2) * i3;
MOMI3       r1,i1,i2,i3,rd                 ; rd = ((r1 * i1) | i2) * i3;

MPAI3       r1,i1,i2,i3,rd                 ; rd = ((r1 * i1) + i2) & i3;
MPOI3       r1,i1,i2,i3,rd                 ; rd = ((r1 * i1) + i2) | i3;
RORI3       r1,i1,i2,i3,rd                 ; rd = i3 - ((i1 - r1) | i2);
AMPI3       r1,i1,i2,i3,rd                 ; rd = ((r1 & i1) * i2) + i3;

LPAI3       r1,s1:uimm5,i2,i3,rd           ; rd = ((r1 << s1) + i2) & i3;

MPMPI4  r1,i1,i2,i3,i4,rd                  ; rd = (((r1 * i1) + i2) * i3) + i4;
MPOMI4  r1,i1,i2,i3,i4,rd                  ; rd = (((r1 * i1) + i2) | i3) * i4;
```

7.3.7 متفرقات

1.7.3.7 نداءات النظام

تنفذ نداءات النظام مجموعة متنوعة من الخدمات.

```
SYSCALL  uimm16                            ; system service uimm16
```

ويتم تنفيذ مجموعة دنيا من نداءات نظام السطح البيني لنظام التشغيل المحمول (POSIX) ووضع تقابل مباشر بينها وبين نظام التشغيل الأساسي. ويمكن إضافة المزيد من الخدمات الخاصة بالتطبيقات.

2.7.3.7 التعليمات الزائفة

يمكن التعبير عن بعض العمليات بدلالة عمليات أخرى. وتتاح شفرات التشغيل الزائفة التالية:

```
SUBI    r1,imm32,rd    = ADDI  r1,-imm32,rd
GT      r1,r2,rd       = LT    r2,r1,rd
LE      r1,r2,rd       = GE    r2,r1,rd
GTU     r1,r2,rd       = LTU   r2,r1,rd
LEU     r1,r2,rd       = GEU   r2,r1,rd
```

8 الواجهة بين الوسيط ECI Client والمضيف ECI Host

1.8 مبادئ عامة

تنشأ نداءات النظام عند تنفيذ التعليمة SYSCALL. وتتضمن التعليمة متأثراً مباشراً يحدد نداء النظام. ونداءات النظام هي فعلياً نداءات إلى مكتبة معيارية، تنقل المعلمات على النحو الوارد في الفقرة 8.2.7.

تُنقل المعلمات (كلمات أو مؤشرات) السبع الأولى إلى السجلات R1 إلى R8. وهي جميعها عبارة عن قيم جبرية تم توسيعها إلى قيم مؤلفة من 32 بتة إذا كان نمط المعلمة الفعلي عدداً مؤلفاً من 8 بتات أو 16 بتة. أما القيم المرتجعة (كلمات أو مؤشرات) فتوضع في السجل R1.

وتشير عناوين الذاكرة إلى حيز الذاكرة في الآلة الافتراضية ما لم يذكر خلاف ذلك.

ولأسباب تتعلق بالمواءمة في المستقبل، يجب على **الوسيط ECI Client** أن يخلي تماماً جميع السجلات R1 إلى R8 غير المستعملة لنقل المعلمات. ويمكن التخلص من محتوى جميع السجلات بواسطة دالة المكتبة.

وفيما يلي نداءات النظام الإلزامية في المكتبة التي تدعمها جميع عمليات التنفيذ المتوافقة. ويوفر النسق المستخدم ما يلي:

- معرّف الهوية SYSCALL ID الذي يستخدم بصفة المتأثر الوسيط (SYSCALL imm32).
- وصف لدالة المكتبة.
- إعلان وفق قواعد تركيب اللغة C.
- وصف للمعلمات والقيمة المرتجعة.
- أي ملاحظات إضافية.

تكتب المعلمات والقيم المرتجعة باستخدام الاصطلاحات التالية:

- **uint*nn*** ويمثل عدداً صحيحاً غير جبري مؤلفاً من *nn* بتة (8 أو 16 أو 32). أما القيم التي تقل عن 32 بتة فيتم توسيعها بأصفار عند وضعها في السجلات.
- **int*nn*** ويمثل عدداً صحيحاً جبرياً. أما القيم التي تقل عن 32 بتة فيتم توسيعها بأصفار عند وضعها في السجلات.
- *** void** ويمثل مؤشراً نوعياً.
- *** [u]int*nn*** ويمثل مؤشراً إلى قيمة واحدة من النمط [u]int*nn* أو صفيفاً من هذه القيم.
- *** struct struct_type** ويشير إلى مؤشر لهيكل (أو لصفيف من الهياكل) في الذاكرة – وتنقل الهياكل دائماً بحسب المرجع باستخدام هذا الاتفاق.

2.8 قيمة الخطأ

تُرجع معظم النداءات SYSCALLs كلمة سالبة للدلالة على اكتشاف حالة خطأ. وترد قيم الخطأ في الجدول 1.

الجدول 1 – قيم الخطأ

القيمة	الاسم الرمزي	المعنى
49–	EPERM	إجراء نداء إلى تعليمة SYSCALL غير موجودة أو إلى دالة CLIB
50–	EINVAL	أحد المعلمات غير صحيح
51–	ERRSYSCALLMSGQUEUE	عدد الرسائل المرسلة إلى **ECI Host** يتجاوز سعة الذاكرة المؤقتة
52–	ERRHEAPSIZE	طلبت قيمة غير مناسبة لحجم الكومة
53–	ERRSTACKSIZE	طلبت قيمة غير مناسبة لحجم المكدس

3.8 SYS_EXIT

معرف هوية النداء SYSCALL: 0x0001

الوصف: إنهاء الآلة الافتراضية VM، وتوفير شفرة للسبب

الإعلان: void SYS_EXIT(uint32 reason)

المعاملات: سبب الإنهاء

الإعادة: لا شيء

ملاحظات – يأخذ حقل **السبب** (reason) القيم المدرجة في الجدول 2.

الجدول 2 – قيم الخطأ

السبب	المعنى
0	إنهاء عادي
0x00000001..0x7FFFFFFF	حالة خطأ، خاص بمقدم الوسيط **ECI Client**
0x80000000..0xFFFFFFFF	محجوز للاستعمال في المستقبل

4.8 SYS_PUTMSG

معرف هوية النداء SYSCALL: 0x0003

الوصف: إرسال رسالة تزامن (طلب أو رد).

الإعلان: int32 SYS_PUTMSG(MessageBuffer *msg_buffer)

يرد تعريف نسق الدارئ MessageBuffer في التوصية [ITU-T J.1012]

المعاملات: الحقل **msg_buffer** هو مؤشر لحجب دارئ الرسالة (message buffer)

الإعادة: معرف هوية الرسالة الذي يخصصه المضيف **ECH Host** (قيمة غير سالبة من 16 بتة) أو أي قيمة خطأ أقل (سالبة): **ERRSYSCALLMSGQUEUE** (الجدول 1).

ملاحظات – يفترض ألا يحجب النداء في ظل ظروف التشغيل العادية للمضيف **ECI Host**. يُنسخ محتوى الدارئ msg_buffer بواسطة المضيف **ECH Host** ويمكن إعادة استخدامه بواسطة العميل **ECH Client** بعد إعادة النداء SYSCALL.

5.8 SYS_GETMSG

معرف هوية النداء SYSCALL: 0x0004

الوصف: استعادة الرسالة التالية (سواء كانت طلباً أو نتيجة) من المضيف **ECI Host**. ويُحجب النداء SYSCALL في حالة عدم توفر رسائل.

الإعلان: (MessageBuffer *) SYS_GETMSG ()

يرد تعريف نسق الدارئ MessageBuffer في التوصية [ITU-T J.1012]

المعاملات: لا توجد

الإعادة: يتضمن المؤشر إلى الدارئ الرسالة التالية من المضيف **ECI Host** أو من قيم الأخطاء المدرجة في الجدول 1.

ملاحظات – سوف يحجب النداء في حالة عدم وجود رسائل منتظرة لدى لمضيف **ECI Host من العميل ECI Client**. لن يغير المضيف **ECI Host** محتوى الدارئ msg_buffer حتى استلام النداء SYS_GETMSG SYSCALL التالي. ويتعين على العملاء **ECI Clients** الذين يرغبون في الحصول على نفاذ إلى بيانات الرسالة بعد النداء SYS_GETMSG التالي نسخ هذه البيانات.

6.8 SYS_HEAPSIZE

معرف هوية النداء SYSCALL: 0x0100

الوصف: طلب من المضيف **ECI Host** لتغيير حجم كومة المعلمة المقدمة.

الإعلان: int32 SYS_HEAPSIZE(uint32 heapsize)

المعاملات: حجم الكومة (**heapsize**): الحجم الذي تضبط عليه كومة العميل **ECI Client**. ويجب أن يكون قيمة غير سالبة، مضاعف للرقم 4 وألا يتسبب في تجاوز الكومة في جزء الكدسة.

الإعادة: تخالف موقع الذاكرة بالبايتات عن العنوان DATA_BASE_ADDRESS وهو عنوان أدنى ذاكرة غير جمعية في الذاكرة القابلة للعنونة، أو أي قيمة خطأ (سالبة) أدنى من الحجم **ERRHEAPSIZE** (الجدول 1).

ملاحظات – سوف يحجب النداء في حالة عدم وجود رسائل منتظرة لدى لمضيف **ECI Host** من العميل **ECI Client**. يقوم العميل **ECI Client** عند تدميث الحقل SYS_HEAPSIZE(0) بإعادة تخالف بداية جزء الكومة (حجم صفري في هذه اللحظة).

7.8 SYS_STACKSIZE

معرف هوية النداء SYSCALL: 0x0200

الوصف: طلب من المضيف **ECI Host** لتغيير حجم كدسة المعلمة المقدمة.

الإعلان: int32 SYS_STACKSIZE(uint32 stacksize)

المعاملات: حجم الكدسة (**stacksize**): الحجم الذي تضبط عليه كدسة العميل **ECI Client**. ويجب أن يكون قيمة غير سالبة، مضاعف للرقم 4 وألا يتسبب في تجاوز الكدسة في جزء الكومة.

الإعادة: تخالف موقع الذاكرة بالبايتات عن العنوان DATA_BASE_ADDRESS وهو عنوان أدنى ذاكرة غير كدسية في الذاكرة القابلة للعنونة، أو أي قيمة خطأ (سالبة) أدنى من الحجم **ERRSTACKSIZE** (الجدول 1).

ملاحظات – سوف يحجب النداء في حالة عدم وجود رسائل منتظرة لدى لمضيف **ECI Host** من العميل **ECI Client**.

8.8 SYS_SYNCCALL

معرف هوية النداء SYSCALL: 0x1000

الوصف: يرسل العميل **ECI Client** رسالة تزامن إلى المضيف **ECI Host** ويعلق التنفيذ حتى إعادة النداء System Call.

الإعلان: int32 SYS_SYNCCALL(uint32 tag, p1, p2, p3, …, pn)

المعاملات: الوسم **tag**: نفس تعريف الحقل MsgTag الخاص ببنية الدارئ MessageBuffer. يُضبط الحقل MsgFlags على 0 ويجب أن يهمله المضيف **ECI Host**. المعلمات **p1…pn**: معلمات النداء المتزامن. بالنسبة للرسائل get-messages ذات النتائج الأكبر من الكيان 32 بتة، تكون المعلمة **p1** عنوان بدء موقع الذاكرة الذي يجب إعادة النتيجة إليه، والمعلمات **p2.. pn** هي معلمات مجموعة الرسالة. يتم تمرير جميع المعلمات العادية بما في ذلك البنى والمصفوفات حسب المرجع.

الإعادة: بالنسبة للرسائل التي تعيد نتيجة تلائم الكيان 32 بتة، تعاد النتيجة. وخلاف ذلك لا تكون هناك نتيجة معادة. وتغفل جميع الأخطاء؛ ولا تنتج تشكيلات المعلمات الخاطئة ببساطة أي نتيجة و/أو لا يكون لها أي تأثير. وتعيد رسائل النداء شفرة حالة على النحو المعرف بدلالاتها المحددة. ويمكن إعادة النتائج من على موقع معلمات المؤشر إلى النداء SYSCALL على النحو المعرف بدلالات الرسائل المحددة.

ملاحظات – لن يحجب النداء SYSCALL هذا.

9.8 SYS_CLIB

معرف هوية النداء SYSCALL: 0x0300

الوصف: يعمل النداء SYSCALL هذا كسطح بيني لبرمجة التطبيقات (API) ليمكن العميل **ECI Client** من استعمال المكتبة C القياسية. وترد تفاصيل مجموعة الوظائف المدعومة في الملحق C.

الإعلان: SYS_CLIB(uint32 clibfunc, etc.)

المعاملات: الوظيفة **clibfunc** تحدد وظيفة المكتبة C التي ستستدعى، على النحو الموضح في الملحق C. وتعرف جميع المعاملات الأخرى في قائمة نداءات الوظائف C.

الإعادة: قيمة معادة على النحو المحدد بالتفصيل في المكتبة بالملحق C أو أي قيم خطأ من تلك المدرجة في الجدول 1.

ملاحظات – لما كانت الوظائف المختلفة للمكتبة C تأخذ أرقاماً وأنماطاً مختلفة للمعلمات، فإن ذلك لا يوصف صراحة في هذه التوصية. ويورد الملحق بالتفصيل نسق جميع المعاملات. وجميع معاملات المكتبة SYS_CLIB عبارة عن قيم متدرجة أو مؤشرات لقيم غير متدرجة في ذاكرة الآلة VM. وحيث إن بعض وظائف المكتبة C قد تأخذ معلمات بقيم غير متدرجة، فإن الآلة VM يجب أن تقوم بالتحويل من المعلمات التي تمرر حسب المرجع إلى المعلمات التي تمرر حسب القيمة، وذلك قبل تمرير التنفيذ إلى المكتبة.

9 دورة حياة شفرة البايتات

1.9 مقدمة

تنفّذ الآلة الافتراضية كجزء من البرمجيات الثابتة **للمضيف ECI Host**. ويتم تحميلها/تنفيذها بصورة دينامية بواسطة نظام تشغيل **المضيف ECI Host** حين يكون أحد الوسطاء **ECI Client** بحاجة إلى تنفيذ عملياته. وقد تتاح حالات عديدة لمختلف وسطاء **ECI Client**، إذا كان هناك حاجة لأن تكون متاحة بشكلٍ متزامن.

يكتب **الوسيط ECI Client** في مجموعة تعليمات الآلة الافتراضية على النحو الوارد أعلاه. ويقوم بتحضيره بائع النظام CP (برنامج التحكم) (مقدم برنامج النفاذ المشروط (CA) أو مشغل إدارة الحقوق الرقمية (DRM)) ويتاح **لمضيف ECI Host** كصورة شفرة منطقية. ويتم تحويله محلياً لكي يتلاءم مع التصميم المحدد **للمضيف ECI Host** وبيئته التشغيلية وتحميله عند الاقتضاء في الآلة الافتراضية. وهو ينفذ إعماله داخل الآلة الافتراضية (أو تحدث حالة خطأ) وعندئذ يتوقف تنفيذ الوسيط **ECI Client** وينتهي عمل الآلة الافتراضية.

2.9 تحميل وسيط ECI Client جديد في الآلة الافتراضية

تقوم الآلة الافتراضية بدور مضيف وسيط **لوسيط ECI Client** متوفر من الخارج، تماماً كما لو أن **الوسيط ECI Client** هو تطبيق متأصل يعمل على جهاز **المضيف ECI Host**. ويكمن الفرق الوحيد في أن **الوسيط ECI Client** مركب بواسطة نظام تشغيل جهاز **المضيف ECI Host** في الآلة الافتراضية بدلاً من كونه تطبيقاً متأصلاً.

ولتحميل **الوسيط ECI Client**، ينشئ النظام الفرعي للآلة الافتراضية أولاً مفهوم معالج افتراضي. ولأغراض التحميل، ينطوي ذلك على تخصيص ذاكرة للآلة الافتراضية وتركيب الشفرة ومحتويات مقاطع البيانات فيها كما لو أنها تطبيقات متأصلة، ولكن في المكان الذي تنقل فيه الشفرة والبيانات الاستهلالية المتوفرة بنسق قابل للتنفيذ وقابل للربط (ELF) [ETSI GS ECI 001-4] (انظر الملحق D للاطلاع على التفاصيل) إلى الذاكرة المخصصة للآلة الافتراضية.

ونظراً لعدم إمكانية النفاذ إلى مقطع الشفرة من البرنامج، فقد يختار التنفيذ إجراء أي شكل من المعالجة الأولية للشفرة (مثلاً الاستمثال) خلال وقت التحميل. وبالفعل، فإن التوصية تصف فقط نسق البرنامج في الصورة. ويعتبر التمثيل الداخلي خاصاً بالتنفيذ بالكامل. ويتمثل الشرط الوحيد في أن جميع مراجع الشفرة تبقى صالحة لكي يتسنى للبرنامج استعمالها مع التركيبات الدلالية نفسها.

وكبديل لذلك، يمكن إجراء معالجة أولية لصورة **الوسيط ECI Client** حين يتم استرجاعه أولاً من جهاز **المضيف ECI Host** وتخزينه بشكل يجعله جاهزاً للتحميل عند الطلب. وتعتبر هذه طريقة أكثر فعالية من احتجاز وسطاء **ECI Clients** وإطلاقهم إذا كانت عملية تحميلهم وإعادة تحميلهم تتم بانتظام.

3.9 استهلال الآلة الافتراضية

ينبغي استحداث مفهوم وحدة المعالجة المركزية للآلة الافتراضية – أي ملف السجلات، ومكدس التحكم، والبيانات ومناطق التكديس، وعدّاد البرنامج (PC)، بالإضافة إلى منطق التحكم/الحالة والأعلام. وهذه العناصر غير مبينة بالتفصيل في هذه التوصية لأنها تعتمد على التنفيذ.

يُضبط ملف السجلات بحيث يكون السجل R0 في بداية حيز ملف السجلات. وتضبط جميع السجلات على الصفر. وبالتالي يضبط سجل مؤشر الإطار وسجل مؤشر المكدس (R0 وR16 على التوالي) في النافذة الأولى بحيث ينقص مؤشر المكدس إلى 4– (0xFFFFFFFC) عندما توضع الكلمة الأولى في المكدس وتخزن هناك.

ويبدأ عدّاد البرنامج عند بداية مقطع الشفرة إلا إذا كانت قيمة البند *e_entry* التابع لرأسية ELF [ETSI GS ECI 001-4] في ملف صورة الوسيط **ECI Client** غير صفرية، وفي هذه الحالة يضبط عداد البرنامج على القيمة (عنوان افتراضي) التي يحددها البند *e_entry*. وينقل عندئذ التحكم إلى مكونة التشغيل في الآلة الافتراضية وتعرف باسم "حلقة التشغيل المركزية".

4.9 حلقة التشغيل المركزية

يكمن جوهر الآلة الافتراضية في حلقة التشغيل المركزية، التي تقرأ كل تعليمة تسلسلية وتترجمها إلى مجموعة مناسبة من الإجراءات على السجلات، و/أو على ذاكرة الآلة الافتراضية و/أو في النداءات إلى المكتبة. وتنفّذ الحلقة التعليمات حتى يحدث أحد الاستثناءات. وقد يكون إنهاء البرنامج جزءاً من ممارسة التنفيذ العادية، على سبيل المثال إذا نفذ البرنامج نداء النظام SYS_EXIT، أو قد تنشأ كنتيجة لحالة خطأ، مثلاً إذا فاض مكدس التحكم.

وإذا أنهي عمل "حلقة التشغيل المركزية"، يوقف عندئذ عمل الآلة الافتراضية ويتعين استحداثها من جديد إذا كان **الوسيط ECI Client** مطلوباً في لحظة معينة في المستقبل.

الملحق A

موارد نظام الآلة الافتراضية

(يشكّل هذا الملحق جزءاً أساسياً من هذه التوصية.)

تستعمل المعلمات التالية في هذه التوصية لتحديد أداء الآلة الافتراضية. ويمكن إيجاد القيم المقترحة للمعلمات في [b-ITU-T J Suppl. 7].

- REGISTER_FILE_SIZE
- CONTROL_STACK_SIZE = REGISTER_FILE_SIZE/16
- DATA_BASE_ADDRESS
- ADDRESSABLE_DATA_SIZE
- VM_RESERVED_SIZE
- CODE_SIZE
- DEFAULT_STACK_SIZE
- MIN_RAM

الملحق B

شفرات تشغيل الآلة الافتراضية

(يشكّل هذا الملحق جزءاً أساسياً من هذه التوصية.)

يحدد التشفير الوارد أدناه كيفية تشفير التعليمات في الصورة في النظام الثنائي. وتبين اللمحة العامة أدناه مختلف الأنساق. ويعرض الخط الخاص بالملخص قائمة بالحقول التي تكون التعليمات يوجد بينها فواصل. وتكون إما بتات واضحة أو اسم ملف يليه مؤشر لعرض الحقل. وتعرض مختلف شفرات التشغيل في الأنساق نفسها مع المخطط المقابل الذي يشغل حقل "التشغيل". وترد البتات بالترتيب الأكثر أهمية.

وكمثال على ذلك، يتم تشفير SUB R3,R5,R17 على النحو التالي:

```
1011 00001 00011 00101 10001
```

أو بأنصاف البايتات:

```
1011 0000 1000 1100 1011 0001
```

أو بالبايتات:

```
0xB0, 0x8C, 0xB1
```

ويلي اسم كل تعليمة عدد يمثل رقم شفرة تشغيل تلك العملية. ولا يتغير هذا الرقم بالنسبة لجميع النسخ المستقبلية لمجموعة تعليمات الآلة الافتراضية.

ويجب ألا تتراكب الحقول في شفرات التشغيل لأكثر من أربع بايتات. ونتيجة لذلك تبدأ الحقول المؤلفة من 32 بتة عند حدود البايت. ولا يتجاوز أي حقل 32 بتة.

```
0, op:5, r1:5, rd:5
    00000       MOV 16
    00001       ADD2    17
    00010       SUB2    18
    00011       MUL2    19
    00100       AND2    20
    00101       OR2 21
    00110       XOR2    22
    00111       SLL2    23
    01000       SRL2    24
    01001       SRA2    25
    01010       NE2 26
    01011       EQ2 27
    01100       NEZ 28
    01101       EQZ 29
    01110       LTZ 30
    01111       GEZ 31
    10000       GTZ 32
    10001       LEZ 33
    10010       EXTB    34
    10011       EXTH    35
    10100       ZEXTB   36
    10101       ZEXTH   37
    10110       ABS 38
    10111       NEG 39
    11000       NOT 40
    11001       XNOR2   41
    11010       MASKHI  42

100, op:3, r1:5, rd:5, imm:32
    000         ADDI    136
    001         RSUBI   137
    010         ANDI    138
    011         ORI 139
    100         XORI    140
    101         MULI    141
    110         MACI    142
```

```
    111         ADDMXI  143

101000, op:2
    00          ENTER0  0
    01          RETURN  1
    10          RETURNL 2
    11          LEAVE   3

10100100, op:3, rd:5
    000         INC 8
    001         DEC 9
    010         JMPR    10
    011         CALLR   11
    100         CLR 12

1010010100000, op:4, r1:5, r2:5, rd:5
    0000        SDIV    80
    0001        SMOD    81
    0010        UDIV    82
    0011        UMOD    83
    0100        TESTBC  84

101001010001, op:4, r1:5, imm:11, pcr:24
    0000        JFNEC   560
    0001        JFEQC   561
    0010        JFLTC   562
    0011        JFGEC   563
    0100        JFGTC   564
    0101        JFLEC   565
    0110        JFLTUC  566
    0111        JFGEUC  567
    1000        JFLEUC  568
    1001        JFGTUC  569
    1010        JFWNEC  570
    1011        JFWEQC  571

10101000, op:3, r1:5, imm:16
    000         STFP    96
    001         LDFP    97
    010         MOVC    98
    011         SWITCH  99

1011, op:5, r1:5, r2:5, rd:5
    00000       ADD 48
    00001       SUB 49
    00010       MUL 50
    00011       AND 51
    00100       OR  52
    00101       XOR 53
    00110       SLL 54
    00111       SRA 55
    01000       SRL 56
    01001       SLLI    57
    01010       SRAI    58
    01011       SRLI    59
    01100       NE      60
    01101       EQ      61
    01110       LT      62
    01111       GE      63
    10000       LTU 64
    10001       GEU 65
    10010       ANDB    66
    10011       ORB 67
    10100       XORB    68
    10101       LDSB    69
    10110       LDUB    70
    10111       LDSH    71
    11000       LDUH    72
    11001       LDW 73
    11010       LDW1    74
    11011       STB 75
    11100       STH 76
    11101       STW 77
    11110       STW1    78
    11111       TESTB   79

110000, op:2, imm:24
    00          JMP 104
    01          CALL    105
    10          CASE    106
```

```
110001000, op:2, rd:5, imm:32
    00          MOVI    108
    01          MOVF    109

110001001, op:5, r1:5, rd:5, imm:32
    00000       NANDI   144
    00001       NORI    145
    00010       XNORI   146
    00011       NEI 147
    00100       EQI 148
    00101       LTI 149
    00110       GEI 150
    00111       GTI 151
    01000       LEI 152
    01001       LTUI    153
    01010       GEUI    154
    01011       GTUI    155
    01100       LEUI    156
    01101       SMODI   157
    01110       SDIVI   158
    01111       UMODI   159
    10000       UDIVI   160
    10001       STBI    161
    10010       STHI    162
    10011       STWI    163
    10100       LDSBI   164
    10101       LDUBI   165
    10110       LDSHI   166
    10111       LDUHI   167
    11000       LDWI    168
    11001       LDSHAX  169
    11010       LDUHAX  170
    11011       LDWAX   171
    11100       STHAX   172
    11101       STWAX   173

11001000000, op:3, r1:5, rd:5, imm:24
    000         JFNE    576
    001         JFEQ    577
    010         JFLT    578
    011         JFGE    579
    100         JFLTU   580
    101         JFGEU   581

11001000110, op:3, r1:5, r2:5, imm:16
    000         JNE 120
    001         JEQ 121
    010         JLT 122
    011         JGE 123
    100         JLTU    124
    101         JGEU    125

11001000111000, r1:5, r2:5, s:32, o:32
                COPY    112

11001001000, op:3, r1:5, r2:5, imm:8
    000         STBC    128
    001         STHC    129
    010         STWC    130
    011         LDSBC   131
    100         LDUBC   132
    101         LDSHC   133
    110         LDUHC   134
    111         LDWC    135

11001100000000000, op:5, r1:5, rd:5, imm1:32, imm2:32
    00000       ADDANDI2    200
    00001       ADDMULI2    201
    00010       ADDORI2 202
    00011       ADDXORI2    203
    00100       MULADDI2    204
    00101       MULANDI2    205
    00110       MULORI2 206
    00111       MULXORI2    207
    01000       RSUBANDI2   208
    01001       RSUBORI2    209
    01010       RSUBXORI2   210
    01011       ORADDI2 211
    01100       ORMULI2 212
```

```
1100110000000010000, op:5, r1:5, imm1:5, rd:5, imm2:32
    00000       SLLADDI2    232
    00001       SLLANDI2    233
    00010       SLLORI2 234
    00011       SLLRSUBI2   235
    00100       ANDSLLI2    236

1100110000000010001, op:5, r1:5, imm1:5, rd:5, imm2:32, imm3:32
    00000       LPAI3   392

110011000000001, op:7, r1:5, rd:5, imm1:32, imm2:32, imm3:32
    0000000     MAMI3   264
    0000001     MPMI3   265
    0000010     MOMI3   266
    0000011     MPAI3   267
    0000100     MPOI3   268
    0000101     RORI3   269
    0000110     AMPI3   270

110011000000010, op:7, r1:5, rd:5, imm1:32, imm2:32, imm3:32, imm4:32
    0000000     MPMPI4  424
    0000001     MPOMI4  425

1101, op:4, r1:5, imm:11, imm:16
    0000         JNEC   1
84
    0001         JEQC   185
    0010         JLTC   186
    0011         JGEC   187
    0100         JGTC   188
    0101         JLEC   189
    0110         JLTUC  190
    0111         JGEUC  191
    1000         JLEUC  192
    1001         JGTUC  193
    1010         JWNEC  194
    1011         JWEQC  195

11100000, uimm:8 ENTERC 5

1110001, op:1, uimm:16
    0            ENTER      6
    1            SYSCALL    7
```

الملحق C

البرامج الروتينية المعيارية في مكتبة لغة C

(يشكّل هذا الملحق جزءاً أساسياً من هذه التوصية.)

1.C مقدمة

يبين هذا الملحق بالتفصيل مجموعة البرامج الروتينية المعيارية C99 [b-ISO IEC 9899] المتوفرة لاستعمال **وسيط ECI Client**. وقد حددت لكل دالة تفاصيل المتأثرات التي ينقلها **الوسيط ECI Client** والقيمة المرتجعة.

ويلاحظ أن المصطلح "سلسلة" يعني تتابعاً من البايتات غير الصفرية ينتهي ببايت صفري.

وتظهر الدوال المبينة أدناه على شكل نداءات في مكتبة لغة C. وفي جميع الحالات، تنتقل المعلمة الأولى إلى السجل R2 (لأن R1 يحتوي على معرف هوية الدالة، clibfunc). ويفترض الإعلان أن جميع القيم قد انتقلت كقيم عددية أو كمؤشرات إلى قيم غير عددية. وإذا طلبت إحدى دوال المكتبة نقل معلمة غير عددية بحسب القيمة، عندئذ ينقلها SYSCALL بحسب المرجع ويطلب من الآلة الافتراضية أن تحوّل المعلمة وفق ما تقتضيه المكتبة.

وتكون القيم المرتجعة دائماً قيماً عددية أو مؤشرات أعيدت إلى السجل R1.

ملاحظة – تحدد قيمة الدالة clibfunc على النحو التالي:

(clibfunc >> 8) & 0x000000FF) = رقم الفصل الفرعي من الفصل المعياري C الذي يتناول دوال المكتبة، مشفر على شكل عشري ثنائي التشفير (في حالة C99، يكون رقم الفصل 7 ومكتبة <string.h> في الفصل الفرعي 21).

(clibfunc >> 4) & 0x0000000F) = نوع الدالة في المكتبة – الرقم الذي يلي رقم الفصل الفرعي.

(clibfunc & 0x0000000F) = رقم الدالة الخاصة بنوع خاص في المكتبة – الرقم الذي يلي رقم نوع الدالة.

فعلى سبيل المثال، يرد وصف ()memmove في الفقرة 2.2.21.7 من المعيار [b-ISO IEC 9899]. وبالتالي يتم تشفير clibfunc بالقيمة 0x00002122.

2.C memmove

الوظيفة clibfunc: 0x00002122

الوصف: نسخ عدد n من البايتات من الذاكرة يشار إليها بالرمز s2 في مؤشر الذاكرة بالرمز s1. ويجوز حدوث تراكب في الذاكرة.

الإعلان: uint8 * memmove(uint8 * s1, uint8 * s2, uint32 n)

الإعادة: s1

3.C strcpy

الوظيفة clibfunc: 0x00002123

الوصف: نسخ السلسلة (بما في ذلك رمز الإنهاء) التي يشار إليها بالرمز s2 في مؤشر الذاكرة بالرمز s1. ولن تتحدد النتائج في حال حدوث تراكب في مناطق الذاكرة.

الإعلان: uint8 * strcpy(uint8 * s1, uint8 * s2)

الإعادة: s1

4.C strncpy

الوظيفة clibfunc: 0x00002124

الوصف: على غرار ()strcpy، ولكن يتم نسخ عدد n من البايتات على الأكثر. وإذا كان طول الرمز s2 أكبر من n، تلحق بايتة خاوية (عند [n]s1).

الإعلان: uint8 * strncpy(uint8 * s1, uint8 * s2, uint32 n)

الإعادة: s1

5.C strcat

الوظيفة clibfunc: 0x00002131

الوصف: تلحق نسخة من السلسلة المشار إليها بالرمز s2 (بما في ذلك رمز الإنهاء) عند نهاية السلسلة المشار إليها بالرمز s1. ولن تتحدد النتائج في حال حدوث تراكب في مناطق الذاكرة.

الإعلان: uint8 * strcat(uint8 * s1, uint8 * s2)

الإعادة: s1

6.C strncat

الوظيفة clibfunc: 0x00002132

الوصف: تلحق نسخة من السلسلة المشار إليها بالرمز s2 (بما في ذلك رمز الإنهاء) عند نهاية السلسلة المشار إليها بالرمز s1، على أن ينسخ عدد n من البايتات على الأكثر. وإذا كان طول الرمز s2 أكبر من n، تلحق بايتة خاوية (عند البايتات من n+1 بعد آخر بايتة غير خاوية من السلسلة الأصلية s1). ولن تتحدد النتائج في حال حدوث تراكب في مناطق الذاكرة.

الإعلان: uint8 * strncat(uint8 * s1, uint8 * s2, uint32 n)

الإعادة: s1

7.C memcmp

الوظيفة clibfunc: 0x00002141

الوصف: مقارنة أول عدد n من البايتات المشار إليها بالرمز s1 بأول عدد n من البايتات المشار إليها بالرمز s2.

الإعلان: uint32 memcmp(uint8 *s1, uint8 *s2, uint32 n)

الإعادة: R1==0 إذا كانت جميع القيم متطابقة. خلاف ذلك، تعتمد R1 على الموضع الأول من اليسار الذي لا تتطابق فيه القيم.

R1>0 إذا كانت البايتة ذات الرمز s1 في هذا الموضع أكبر من البايتة ذات الرمز s2.

R1<0 إذا كانت البايتة ذات الرمز s1 في هذا الموضع أكبر من البايتة ذات الرمز s2.

strcmp 8.C

الوظيفة clibfunc: 0x00002142

الوصف: المقارنة بين السلاسل المشار إليها بالرمزين s1 وs2.

الإعلان: uint32 strcmp(uint8 * s1, uint8 * s2)

الإعادة: R1==0 إذا كانت جميع القيم متطابقة. خلاف ذلك، تعتمد R1 على الموضع الأول من اليسار الذي لا تتطابق فيه القيم.

R1>0 إذا كانت البايتة ذات الرمز s1 في هذا الموضع أكبر من البايتة ذات الرمز s2.

R1<0 إذا كانت البايتة ذات الرمز s1 في هذا الموضع أكبر من البايتة ذات الرمز s2.

strncmp 9.C

الوظيفة clibfunc: 0x00002144

الوصف: المقارنة بين السلاسل المشار إليها بالرمزين s1 وs2، ولكن حتى عدد n من البايتات على الأكثر.

الإعلان: uint32 strncmp(uint8 * s1, uint8 * s2, uint32 n)

الإعادة: R1==0 إذا كانت جميع القيم متطابقة. خلاف ذلك، تعتمد R1 على الموضع الأول من اليسار الذي لا تتطابق فيه القيم.

R1>0 إذا كانت البايتة ذات الرمز s1 في هذا الموضع أكبر من البايتة ذات الرمز s2.

R1<0 إذا كانت البايتة ذات الرمز s1 في هذا الموضع أكبر من البايتة ذات الرمز s2.

memchr 10.C

الوظيفة clibfunc: 0x00002151

الوصف: إيجاد أول حدوث للبايتة في c داخل عدد n من البايتات المشار إليها بالرمز s.

الإعلان: uint8 * memchr(uint8 *s, uint8 c, uint32 n)

الإعادة: مؤشر للبايتة التي تم تحديد موقعها، أو 0 في حالة عدم العثور على أي بايتة.

strchr 11.C

الوظيفة clibfunc: 0x00002152

الوصف: إيجاد أول حدوث للبايتة في c داخل السلسلة المشار إليها بالرمز s، حتى بايتة الإنهاء (الخاوية) مع شمول هذه البايتة.

الإعلان: uint8 * strchr(uint8 * s, uint8 c)

الإعادة: مؤشر للبايتة التي تم تحديد موقعها، أو 0 في حالة عدم العثور على أي بايتة.

strcspn 12.C

الوظيفة clibfunc: 0x00002153

الوصف: حساب طول المقطع الابتدائي الأقصى من السلسلة المشار إليها بالرمز s1 والتي تتألف بأكملها من بايتات لا تنتمي إلى السلسلة المشار إليها بالرمز s2.

الإعلان: uint32 strcspn(uint8 * s1, uint8 * s2)

الإعادة: الطول المحسوب.

strpbrk 13.C

الوظيفة clibfunc: 0x00002154

الوصف: العثور على أول حدوث للسلسلة المشار إليها بالرمز s1 لأي بايتة في السلسلة المشار إليها بالرمز s2.

الإعلان: uint32 strpbrk(uint8 * s1, uint8 * s2)

الإعادة: موقع أول بايتة تفي بالشرط، أو 0 في حالة عدم وجود أي بايتة منها.

strrchr 14.C

الوظيفة clibfunc: 0x00002155

الوصف: العثور على آخر حدوث للبايتة في c داخل السلسلة المشار إليها بالرمز s حتى بايتة الإنهاء (الخاوية) مع شمول هذه البايتة.

الإعلان: uint8 * strrchr(uint8 * s, uint8 c)

الإعادة: مؤشر للبايتة التي تم تحديد موقعها، أو 0 في حالة عدم وجود أي بايتة منها.

strspn 15.C

الوظيفة clibfunc: 0x00002156

الوصف: حساب طول المقطع الابتدائي الأقصى من السلسلة المشار إليها بالرمز s1 والتي تتألف بأكملها من بايتات لا تنتمي إلى السلسلة المشار إليها بالرمز s2.

الإعلان: uint32 strspn(uint8 * s1, uint8 * s2)

الإعادة: القيمة المحسوبة.

strstr 16.C

الوظيفة clibfunc: 0x00002157

الوصف: العثور على أول حدوث للسلسلة المشار إليها بالرمز s1 (مع استبعاد بايتة الإنهاء) في السلسلة المشار إليها بالرمز s2.

الإعلان: uint8 strstr(uint8 * s1, uint8 * s2)

الإعادة: مؤشر للموقع الذي تم تحديده، أو 0 في حالة عدم وجوده.

memset 17.C

الوظيفة clibfunc: 0x00002161

الوصف: نسخ البايتة الأقل دلالة من c في الذاكرة المشار إليها بالرمز s عدد n من المرات.

الإعلان: uint8 * memset(uint8 * s, uint8 c, uint32 n)

الإعادة: s

الملحق D

نسق ملفات وسيط ECI

(يشكّل هذا الملحق جزءاً أساسياً من هذه التوصية.)

يتطابق ملف صورة **الوسيط ECI Client** مع مواصفة نسق ملف قطعة ELF [ETSI GS ECI 001-4]. ويصف هذا الملحق المعلومات المحددة الضرورية للامتثال لمواصفات الآلة الافتراضية. وبما أن الآلة الافتراضية تدعم معمارية مؤلفة من 32 بتة وترتيباً بحسب الأقل أهمية، فإن تحديد هوية الملف ELF في *e_ident* [ETSI GS ECI 001-4] يستخدم القيم الواردة في الجدول 1.D.

الجدول 1.D – إعدادات *e_ident* المطابقة للسطح البيني ECI

الاسم	القيمة
e_ident[EI_CLASS]	ELFCLASS32
e_ident[EI_DATA]	ELFDATA2LSB

ويورد الجدول 2.D القيم التي تستعمل لبنود رأسية النسق القابل للتنفيذ والوصل (ELF)

الجدول 2.D – إعدادات أعضاء رأسية النسق ELF المطابقة للسطح البيني ECI

الاسم	القيمة
e_type	ET_EXEC
e_machine	ET_NONE
e_version	EV_CURRENT

وترفض أداة التحميل أي ملف لصورة **الوسيط ECI Client** تختلف قيمه عن القيم المبينة في هذا الملحق.

التذييل I

مجالات لمزيد من التطوير

(لا يشكل هذا التذييل جزءاً من هذه التوصية.)

لقد تحدد أن هذه التوصية في حاجة إلى المزيد من التطوير وإلى التحقق من أنها تفي بالمتطلبات المحددة في التوصية [ITU-T J.1010]، وأن التوصية [ITU-T J.1010] في حاجة إلى التحديث كي تعكس متطلبات مواصفة الحماية المعززة للمحتوى (ECP) الصادرة عن منظمة MoviLabs [b-ECP]. وينبغي تحديث التوصيات [ITU-T J.1011] و[ITU-T J.1012] و[ITU-T J.1013] و[ITU-T J.1014] و[ITU-T J.1015] و[b-ITU-T J.1015.1] لكي تعكس التحديثات المدخلة على التوصية [ITU-T J.1010].

وعبر عدد من الدول الأعضاء وأصحاب المصلحة من مجموعة متنوعة من الصناعات – بما في ذلك مصنعو الأجهزة والمكونات الإلكترونية ومالكو وحائزو تراخيص المحتوى المحمي بحقوق الطبع والنشر وموردو الخدمات المتاحة بحرية على الإنترنت (OTT) وخدمات التلفزيون الخطي وموردو حلول أنظمة النفاذ المشروط (CAS) وإدارة الحقوق الرقمية (DRM) – المنتشرة في شتى أرجاء العالم، عن شواغلهم من أن السطح البيني (ECI) لا يفي تماماً بمتطلبات الحماية ECP ولا بمتطلبات حماية المحتوى للصناعة بشكل عام.

وبتحديد أكبر، عبر هؤلاء عن شواغلهم في مساهمات إلى اجتماع لجنة الدراسات 9 بقطاع تقييس الاتصالات (SG9) (16-23 أبريل 2020). واقترحت مساهمات مقدمة من إسرائيل وأستراليا وشركة Samsung، أحد أعضاء قطاع تقييس الاتصالات، وSky Group وMoviLabs، من المنتسبين إلى لجنة الدراسات 9، أن هناك عدداً من التغييرات يجب إدخالها على توصيات السطح البيني ECI، بيد أنه لم يتم التوصل إلى اتفاق بشأنها. وترد قائمة سردية بهذه البنود في [b-SG9 Report 17 Ann.1].

وهي تتضمن مقترحات من أجل:

1) تبسيط النظام ECI بتقليص نطاقه؛
2) إلغاء الإدارة DRM؛
3) إلغاء إعادة تجفير المحتوى؛
4) إلغاء إدارة البرمجيات؛
5) إضافة سطوح بينية APIs لتأمين عمليات التخزين والتجفير؛
6) السماح بسلالم المفاتيح الخاصة بالبائعين؛
7) استخدام متطلبات TEE للتوصية ITU-T J.1207؛
8) إضافة تنفيذ TEE إلى VM؛
9) تعزيز قوة خوارزميات التجفير، مثل استعمال SHA-384؛
10) استعمال شهادات قياسية، مثل التوصية ITU-T X.509؛
11) إعادة النظر في الاتصالات بين الوسطاء؛
12) إجراء مزيد من الاتصالات مع ETSI؛
13) إجراء المزيد من استعراضات النظراء؛
14) استكشاف بدائل لنموذج سلطة الاستوثاق؛

15) تحديد المزيد من الجوانب التقنية لقواعد امتثال السطح البيني ECI ومتانته؛

16) إضافة متطلبات من أجل التنوع، مثل التحديد العشوائي لحيز العنوان؛

17) إضافة متطلبات بشأن التحقق الروتيني من السلامة.

وتؤكد هذه المقترحات أن حماية المحتوى والتهديدات الخاصة بإصابتها بالخلل تتطور باستمرار. وقد صمم السطح البيني ECI بداية قبل الموافقة على توصية قطاع تقييس الاتصالات هذه بعقد من الزمن تقريباً. والأنظمة التي على شاكلة السطح البيني ECI تحتاج إلى التقييم بصورة منتظمة إزاء أحدث ما تم التوصل إليه في تقنيات الهجمات ومتطلبات حماية الصناعة، على السواء.

وهناك آليات أخرى لتمكين التشغيل البيني. وبالنسبة لحالة استعمال الإدارة DRM، بشكل خاص، نشرت معظم خدمات الفيديو عبر الإنترنت حلولاً أخرى لتوفير إمكانية التشغيل البيني ولتلبية هذه الاحتياجات.

ومن المهم توفير مزيد من الوضوح لأن الكثير من الدول الأعضاء تعتبر معايير الاتحاد مصادر توجيه مؤثرة من أجل تطوير أسواقها وصناعاتها. وتؤكد قائمة الشواغل أن تنفيذ السطوح ECI في الأسواق المحلية لهذه الدول يمكن أن ينطوي على تقدير كامل لآثار توصية قطاع تقييس الاتصالات هذه ويضمن النظر في القضايا عندما تلزم الاحتياجات التشريعية أو التنظيمية أو السوقية معدات التلفزيون الرقمي الاستهلاكية بأن تكون قابلة للتشغيل البيني. ويضمن ذلك أيضاً أن مصنعي المعدات التكنولوجية، الذين قد يفضلون استخدام مجموعة فريدة من المتطلبات أو معايير أخرى لتصميم المنتجات، يمكنهم النظر في هذه القضايا عند تطوير منتجات لأسواق مختلفة.

بيبليوغرافيا

[b-ITU-T J.1010] Recommendation ITU-T J.1010 (2016), *Embedded common interface for exchangeable CA/DRM solutions; Use cases and requirements*.

[b-ITU-T J.1011] Recommendation ITU-T J.1011 (2016), *Embedded common interface for exchangeable CA/DRM solutions; Architecture, definitions and overview*.

[b-ITU-T J.1014] Recommendation ITU-T J.1014 (2020), *Embedded common interface* for *exchangeable CA/DRM solutions; Advanced security – ECI-specific functionalities*.

[b-ITU-T J.1015] Recommendation ITU-T J.1015 (2020), *Embedded common interface for exchangeable CA/DRM solutions; The advanced security system – Key ladder block*.

[b-ITU-T J.1015.1] Recommendation ITU-T J.1015.1 (2020), *Embedded common interface for exchangeable CA/DRM solutions; Advanced security system - Key ladder block: Authentication of control word-usage rules information and associated data 1*.

[b-ITU-T J-Suppl.7] ITU-T J-series Recommendations – Supplement 7 (2020), *Embedded common interface (ECI) for exchangeable CA/DRM solutions; Guidelines for the implementation of ECI (EG)*.

[b-SG9 Report 17 Ann.1] ITU-T SG9 meeting report, SG9-R17-Annex 1 (2020), Annex 1 to Report 17 of the SG9 fully virtual meeting held 16-23 April 2020. https://www.itu.int/md/T17-SG09-R-0017/en

[b-ECP] MovieLabs Specification for Enhanced Content Protection – Version 1.2

Available at: <https://movielabs.com/ngvideo/MovieLabs_ECP_Spec_v1.2.pdf>

[b-ETSI GS ECI 001-3] ETSI GS ECI 001-3 (2017), *Embedded Common Interface (ECI) for exchangeable CA/DRM solutions; Part 3: CA/DRM Container, Loader, Interfaces, Revocation*.

[b-ISO/IEC 9899] ISO/IEC 9899:2018 *Information technology – Programming languages – C*.

[b-TIS-ELF] TIS Committee (1995), *Tool Interface Standard (TIS) Executable and Linking Format (ELF) Specification, version 1.2*. Available at <https://refspecs.linuxfoundation.org/elf/elf.pdf>.

سلاسل التوصيات الصادرة عن قطاع تقييس الاتصالات

السلسلة A	تنظيم العمل في قطاع تقييس الاتصالات
السلسلة D	مبادئ التعريفة والمحاسبة والقضايا الاقتصادية والسياساتية المتصلة بالاتصالات/تكنولوجيا المعلومات والاتصالات على الصعيد الدولي
السلسلة E	التشغيل العام للشبكة والخدمة الهاتفية وتشغيل الخدمات والعوامل البشرية
السلسلة F	خدمات الاتصالات غير الهاتفية
السلسلة G	أنظمة الإرسال ووسائطه والأنظمة والشبكات الرقمية
السلسلة H	الأنظمة السمعية المرئية والأنظمة متعددة الوسائط
السلسلة I	الشبكة الرقمية متكاملة الخدمات
السلسلة J	**الشبكات الكبلية وإرسال إشارات تلفزيونية وبرامج صوتية وإشارات أخرى متعددة الوسائط**
السلسلة K	الحماية من التداخلات
السلسلة L	البيئة وتكنولوجيا المعلومات والاتصالات، وتغير المناخ، والمخلفات الإلكترونية، وكفاءة استخدام الطاقة، وإنشاء الكبلات وغيرها من عناصر المنشآت الخارجية وتركيبها وحمايتها
السلسلة M	إدارة الاتصالات بما في ذلك شبكة إدارة الاتصالات وصيانة الشبكات
السلسلة N	الصيانة: الدارات الدولية لإرسال البرامج الإذاعية الصوتية والتلفزيونية
السلسلة O	مواصفات تجهيزات القياس
السلسلة P	نوعية الإرسال الهاتفي والمنشآت الهاتفية وشبكات الخطوط المحلية
السلسلة Q	التبديل والتشوير، والقياسات والاختبارات المرتبطة بهما
السلسلة R	الإرسال البرقي
السلسلة S	التجهيزات المطرافية للخدمات البرقية
السلسلة T	المطاريف الخاصة بالخدمات التليماتية
السلسلة U	التبديل البرقي
السلسلة V	اتصالات البيانات على الشبكة الهاتفية
السلسلة X	شبكات البيانات والاتصالات بين الأنظمة المفتوحة ومسائل الأمن
السلسلة Y	البنية التحتية العالمية للمعلومات، والجوانب الخاصة ببروتوكول الإنترنت وشبكات الجيل التالي وإنترنت الأشياء والمدن الذكية
السلسلة Z	اللغات والجوانب العامة للبرمجيات في أنظمة الاتصالات

طُبعت في سويسرا
جنيف، 2020