العنوان:	قرصنة الأجهزة الطبية الملصقة والمزروعة بالمرضى
المصدر:	المجلة العربية الدولية للمعلوماتية
الناشر:	اتحاد الجامعات العربية - جمعية كليات الحاسبات والمعلومات
المؤلف الرئيسي:	غزال، محمد سعيد
المجلد/العدد:	مج5, ع9
محكمة:	نعم
التاريخ الميلادي:	2017
الشهر:	يناير
الصفحات:	41 - 54
رقم MD:	866022
نوع المحتوى:	بحوث ومقالات
قواعد المعلومات:	science, HumanIndex, EduSearch
مواضيع:	الشبكات اللاسلكية، التطبيقات المحوسبة، الأجهزة الطبية، أمن المعلومات، المخاطر الأمنية، الجرائم الإلكترونية، القرصنة الإلكترونية
رابط:	http://search.mandumah.com/Record/866022

قرصنة الأجهزة الطبية الملصقة والمزروعة بالمرض

د. محمد سعيد غزال(*)

الملخص

رغم ما قدمته الشـبكات من فوائد عظيمة في إيصال المعلومات أو التطبيقات المحوسبة لمحتاجيها ، فهي أيضًا سهلت عمليات الاختراق لهذه المعلومات والتطبيقات وغيرها من المصادر الحاسوبية. ويفسر هذا كون الشبكات وسيطًا جيدًا لنقل الخبيث من البيانات والبرامج كما هي للطيب منها. وحيث إننا لا نستطيع الاستغناء عن الشبكات في حياتنا اليومية أفرادًا وشركات وحكومات، كان التحدي المستمر هو في ضرورة مقايضة Tradeoff بعض المميزات مثل السرعة والمستوى العالي من الأداء في مقابل الحصول على أمان أكثر. وساعد توافر الشـبكات اللاسلكية (وهي أقل حماية من نظيرتها السـلكية) والتطبيقات الكثيرة والمتجددة على أجهزة الهاتف الذكية وخاصة في تطبيقات إنترنت الأشـياء Internet of things أو IoT والتي تستخدم الشبكات اللاسلكية كوسيط أساسي للنقل في توسع المشكلة وزيادة تعقيدها. وتوجد تقنية إنترنت الأشـياء حاليًا في الكثير من التطبيقات المنزلية والمركبات الحديثة، وحتى في تطبيقات الأجهزة الطبية الملصقة بجسـد المريض أو المزروعة داخل جسده Wearable and Implantable Medical Devices (WIMDs) والمستخدمة في تنظيم علاج الأمراض المزمنة كمرض السكري والسرطان ومرض القلب وغيرها. والبحث عبارة عن دراسة مسحية Survey Study في أدبيات موضوع قرصنة الأجهزة الطبية (المحوسبة) الملصقة أوالمزروعة، وتحديدًا جهازا ناظم نبض القلب Implantable Cardiac Defibrillator (ICD) ، ومنظومة ضخ الأنسـولين (أو ما يسميه البعض بالبنكرياس الصناعي) والمكونة من مضخة أنسولين و جهاز تحكم. ويوضح البحث إمكانية إختراق هذه الأجهزة وبالتالي انتهاك خصوصية المريض بالإضافة لإمكانية التعديل على برمجياتها ومن ثم التحكم فيها عن بعد بواسطة أجهزة بسيطة ومتوافرة بسعر مقبول مثل الريموت كونترول و راديوالبرمجيات Software Radio. كما يشرح البحث المخاطر المحتملة من هكذا اختراق، والحلول المناسبة (الفنية والإدارية) لمنع (أو تقليل) هذه المخاطر.

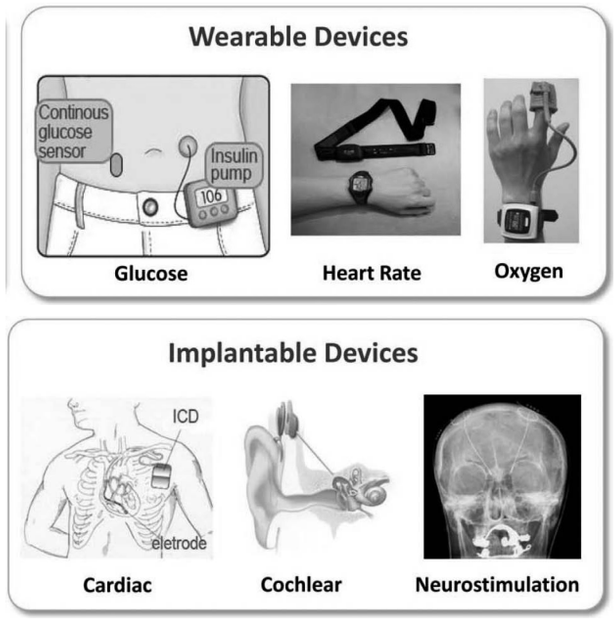
المقدمة

أصبحت الإنترنت جزءًا أساسـيًا مـن حياة الكثير من البشر في العمل والترفيه والتعلم وغيرها من النشاطات. فمن استخدام البريد الإلكتروني كوسيلة لتداول الوثائق الرسمية أو السـحابة الرقمية لتخزين البيانات والبرامج المستخدمة في مكان العمل، إلى تطبيقات محوسبة في المنزل والسيارة والسوق وغيرها. والبيت الإلكتروني مثـلًا والذي يعتمد تكنولوجيا إنترنت الأشـياء (وهي تطبيقـات حاسـوبية مدمجة داخل الأجهزة المنزلية) صار حقيقـة موجودة على أرض الواقع لها مسـتخدموها الكثر من العجزة والمسنين الذين لا يستطيعون الاعتماد على أنفسـهم في القيام بأعـمال اعتيادية مثل إغلاق الأبواب وإطفاء المصابيح ليلا [١]. وقس على ذلك أمثلة أخرى كثيرة لاستخدام تكنولوجيا إنترنت الأشياء في تسهيل أو حتى تمكين الحياة لقطاعات كبيرة ومتزايدة من ذوي الاحتياجات الخاصة والمرضى بأمراض مزمنة مثل السكري وارتفاع ضغط الدم وغيرهم.

ومن التطبيقات الطبية المحوسبة الأجهزة الطبية المزروعة Implanted medical devices (IMD) أو الملصقـة بجسـد المريض من الخارج Wearable medical devices (WMD)، وكلا النوعين (يسميان اختصارًا WIMDs) يهدف لتوفير الدواء أو العلاج بشكل مستمر للمرضى المصابين بأمراض مزمنة مثل السكري، أمراض القلب، السرطان، الصمم، الأمراض العقلية والعصبية، وغيرها من الأمراض (الشكل (١)). أشهر مثال على الأجهزة الطبية المزروعة داخل الجسد ناظمات نبض القلب

(*) عضو الهيئة العلمية بكلية أمن الحاسب والمعلومات، جامعة نايف العربية للعلوم الأمنية، الرياض، المملكة العربية السعودية.

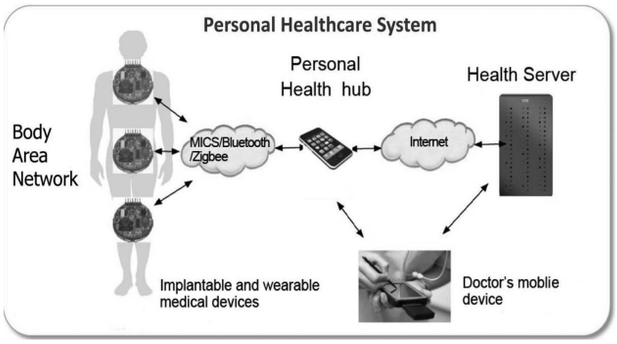
الآلية Pacemakers أونظيرتها المحوسبةImplantable Cardiac Defibrillators (ICD). أما أشهر الأجهزة خارج الجسد فهي منظومة ضخ الأنسولين والمكونة من مضخة أنسولين Insulin Pump والتي توفر الأنسولين لجسد مريض السكري حسب أوامر جهاز التحكم (الجزء الثاني من المنظومة) والذي يقوم بقياس مستوى السكر في الدم[1] قبل تحديد حاجة الجسم من الأنسولين وتوقيتها.



الشكل (١): بعض التطبيقات المحوسبة في الأجهزة الطبية المزروعة أوالملصقة. نقلا عن [٢]

وتشمل الأجهزة الخارجية أيضا ما يسمى بشبكة سطح الجسد Body Area Network (BANs)، والتي تعمل عمل المجسات التي توضع على جسد المريض في المستشفى لقياس مؤشرات الجسد الحيوية (درجة الحرارة وضغط الدم .. إلخ)، كما تعمل كشبكة إلكترونية تستخدم الجسد البشري كوسيط ناقل يربط جميع الأجهزة الطبية المستخدمة من قبل شخص واحد أو ما يسمى بالنظام (المعلوماتي) الصحي الشخصي Personal Health System (PHS)، كما يظهر في الشكل (٢). وتتحكم في هذه الأجهزة برمجيات حاسوبية تحدد كمية الدواء (أو العلاج) التي يحتاجها المريض في لحظة ما بناءً على البيانات الحيوية المدخلة لجزء التحكم في الجهاز المزروع.

(١) مجموع هذه الأجهزة يسمى البنكرياس الصناعي عند البعض رغم أنه مصطلح غير شائع بين المختصين.



الشكل (٢): النظام الصحي الشخصي PHS . نقلا عن [٢].

والأجهزة الطبية المزروعة أو الملصقة ليست بجديدة، ولا حتى التطبيقات الحاسوبية في هذه الأجهزة هي جديدة. ما هو جديد هو استخدام الشبكات اللاسلكية لنقل البيانات الحيوية أو ما يسمى بالقياسات عن بعد Telemetry، التي ترسلها الأجهزة إلى أجزاء أخرى من الشبكة الصحية الشخصية وينتهي بها الأمر في خادم متخصص للتطبيقات الصحية والذي يقوم بدوره بالتواصل مع الطبيب أو شركة التأمين ما يسهل معرفة حال المريض ومدى نجاعة العلاج المعطى له والتدخل في حالة الطوارئ (عند فشل الجهاز في أداء مهمته مثلاً) بالتحكم أحيانًا في عمل هذه الأجهزة عن بعد أو جلب المريض بشكل فوري للمستشفى. وأعطى هذا التواصل عن بعد ميزة عظيمة وهي تمكين المريض من الحياة بشكل مشابه للشخص الطبيعي من حرية التنقل والذهاب للعمل وغيرها من النشاطات دون الحاجة لزيارة الطبيب بشكل متكرر أو البقاء في المستشفى لفترات طويلة [٣].

ومن أهم نقاط ضعف التطبيقات الحاسوبية هي افتقارها لوسائل قوية وضامنة لأمن البيانات والبرامج المستخدمة فيها في مواجهة الاختراق الذي يؤدي لسرقة البيانات أو التخريب أو كليهما. ويعزى هذا الضعف لعدة عوامل منها الفني (أخطاء برمجية مثلاً)، أو عامل الخطأ البشري لأسباب نفسية أو جسدية (فسيولوجية). من ناحية أخرى، ويعزو البعض هذا الضعف أيضًا لسرعة تطور تكنولوجيا المعلومات وتطبيقاتها. فقد تطورت هذه التكنولوجيا بسرعة أكبر بكثير من نظيراتها السابقة (تكنولوجيا المواصلات مثلاً)، ما حرم تكنولوجيا المعلومات الوقت الكافي للتجربة ووضع وسائل الأمان والحماية لها. ومما فاقم المشكلة استخدام الشبكات وخاصة

العالمية منها (الإنترنت) لنشر البيانات والتطبيقات الحاسوبية بين أعداد هائلة من البشر بسرعة وبشكل شبه مجاني. وجاءت الشبكات اللاسلكية في تطبيقات الهواتف الذكية لتضاعف قاعدة وعدد المستخدمين للتطبيقات الحاسوبية إلى مئات وربما آلاف الأضعاف. وقد أصابت مشكلة السرعة هذه حتى الهيئات المنظمة لاستخدام وإنتاج الآلات الطبية المحوسبة (مثل الـ FDA في الولايات المتحدة مثلاً) بسبب قلة الخبرة في مجال فحص الجزء المحوسب من هذه الأجهزة والثقة الزائدة بهذه التكنولوجيا وقدراتها ما عجل في إصدار رخص لها وزاد من عدد المسترجع منها بسبب أخطاء برمجية عدة أضعاف ما كانت عليه قبل عشر سنوات مثلاً.

وكما يحصل في التطبيقات المحوسبة الأخرى والتي تستخدم الشبكات من قرصنة وهجمات تخريبية، فإن التطبيقات الطبية المحوسبة مثل ناظمات نبض القلب (ICDs) ونظم ضخ الأنسولين معرضة هي الأخرى لمخاطر الاختراق والقرصنة. لكن الفارق الرئيس بين النوعين من القرصنة يكمن في نتائج الاختراق والتي تتعدى عنصري التعدي على الخصوصية والخسائر[٢]، إلى المخاطر المحتملة على سلامة المستخدم الجسدية والنفسية واحتمال الوفاة بسبب انقطاع العلاج أو زيادته عن الحد المقبول طبيا. وصحة الإنسان طبعًا لا تقاس بثمن ولا يمكن مقارنتها بالخسائر المالية أو السمعة التجارية أو الملاحقات القانونية لما للنفس البشرية من قيمة مجتمعية ودينية عالية تجمع على أهميتها أغلب المجتمعات المتحضرة. هذه المخاطر الصحية تستوجب مجهودات قطاعات واسعة من المجتمع (تشمل المبرمجين والأطباء والوزارات المختصة بترخيص هذه الأجهزة مثل وزارة الصحة وحتى المرضى أنفسهم) لمواجهتها وإيجاد الحلول المناسبة لها. وهذا العمل البحثي هو جزء من هذا المجهود.

والبحث عبارة عن دراسة مسحية Survey Study في أدبيات موضوع قرصنة الأجهزة الطبية (المحوسبة) الملصقة أوالمزروعة، وتحديدًا جهازا ناظم نبض القلب Implantable Cardiac Defibrillator (ICD) ، ومنظومة ضخ الأنسولين (أو ما يسميه البعض بالبنكرياس الصناعي) والمكونة من مضخة أنسولين و جهاز تحكم CGS. وينقسم البحث لأربعة أجزاء تشمل المقدمة في الجزء الأول، أهداف البحث وأهميته في الجزء الثاني، وملخص الأبحاث والدراسات ذات الصلة في الجزء الثالث ، وأخيرًا الخاتمة في الجزء الرابع. الجزء الثالث وهو الجزء الأساسي في البحث وينقسم بدوره لثلاثة أجزاء: الجزء ٣ ـ ١ وفيه نعطي صورة مختصرة ولكن شافية للجهازين الطبيين مدار البحث، والجزء ٣ ـ ٢ وفيه مختصر لكل الأبحاث المتعلقة بقرصنة الجهازين وفيه نوضح الوسائل والنتائج لمحاولات هذه القرصنة ومدى خطورتها، والجزء الثالث وفيه نشرح الوسائل الفنية والإجرائية لمواجهة احتمال قرصنة الأجهزة الطبية الملصقة أو المزروعة وذلك حسب الأبحاث المستخدمة في الدراسة. ونود أخيرًا أن نوضح أن الهدف الرئيس من البحث هو تقديم هذا الموضوع الحديث نسبيًّا للقارئ العربي المتخصص من خلال عرض مختصر لأدبيات الموضوع دون تحليل أو إضافة علمية مميزة.

أهداف البحث وأهميته

أهداف البحث

حيث إن الشبكات هي الوسيط الوحيد لتمكين الطبيب من التواصل عن بعد مع الأجهزة الطبية المزروعة أوالملصقة بجسد المريض WIMDs، فإن خطر قرصنتها بات يتعدى المعروف من المخاطر ليصبح خطرًا على سلامة وربما حياة المستخدم. فتعطل جهاز ناظم نبض القلب (بسبب هجوم متعمد من خلال الشبكات مثلاً) قد يؤدي لوفاة المريض بسبب إرتفاع ضغط الدم الناتج عن ازدياد معدل نبض القلب، وقس على ذلك أيضًا مضخة البنسلين التي يؤدي تعطلها إلى جلطات دماغية بسبب ازدياد معدل سكر الدم، أو الإغماء (وربما الموت) في حالة نقص هذا المعدل عن الوضع الطبيعي.

وبالتالي يمكننا تحديد مشكلة (أهداف) البحث في النقاط التالية:

١ ـ توضيح طبيعة الأجهزة الطبية المحوسبة والمزروعة في جسد المرضى، وتحديدًا جهازا ناظم نبض القلب، ومنظومة ضخ الأنسولين.

٢ ـ تحديد طرق قرصنة هذه الأجهزة والمخاطر الممكنة من قرصنتها من خلال قياس تأثرات المناح الأساسية الثلاث

(٢) خسائر مالية أو في المصادر الحاسوبية من بيانات وبرامج، أو في الأسرار التجارية، أوالسمعة وغير ذلك من خسائر ناتجة عن الإختراق.

لأمن المعلومات والمختزلة في الرمز (CIA) بهذه القرصنة: السرية Confidentiality، المصداقية Integrity، و توفر خدمة الجهاز (الإتاحية) Availability. ولا نتعرض في البحث بشكل مفصل للمخاطر الصحية الناتجة عن القرصنة رغم إشارتنا لها في عدة أماكن من البحث.

٣ـ الحلول الفنية والإجرائية الممكنة لمنع أو تخفيف أثر الهجمات على الأجهزة محل البحث.

أهمية البحث

تكمن أهمية البحث في أنه يسلط الضوء على موضوع الأمن الصحي وسلامة المرضى بأمراض مزمنة ممن يستخدمون الأجهزة الطبية المحوسبة لعلاجها، وتحديدًا حمايتهم من القرصنة لهذه الأجهزة وما ينتج عنها من آثار. الموضوع حديث نسبيًّا، كما أن البحث فيه باللغة العربية يكاد يكون معدومًا. هذا هومن أوائل البحوث في هذا المجال باللغة العربية (إن لم يكن الأول) ما نرجو أن يشجع البعض من الباحثين العرب للتبحر في مجال أمن الأجهزة الطبية المحوسبة عموما والمزروعة/ الملصقة بجسد المريض WIMDs خصوصا علنا ننتج شيئًا مفيدًا للإنسانية ونواكب ركب البحث العلمي الحاسوبي.

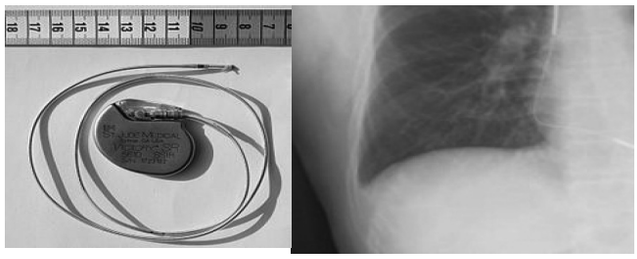
قرصنة الأجهزة الطبية الملصقة أو المزروعة والحلول المناسبة لمنعها أو التخفيف من آثارها

يمكن تقسيم الدراسات السابقة في المجال إلى ثلاثة أجزاء: الجزء الأول ويعنى بتطورهذه الأجهزة وكيفية عملها حاليًّا، والجزء الثاني وهو متعلق بأنواع الهجمات وأغراضها، والجزء الثالث والأخير يوضح طرق منع قرصنتها أو التخفيف من آثار هذه القرصنة.

١ ـ الأجهزة الطبية المزروعة أو الملصقة: حالتا ناظم نبض القلب و البنكرياس الصناعي

تميز القرن الماضي بالتطور الهائل في مجال الصناعة بمختلف أنواعها ومنها الصناعات الدوائية والعلاجية ما اتضح أثره في تحسين الحالة الصحية للإنسان بشكل كبير. وكانت خاتمة القرن الفريد متمثلة بتطور الحاسب وتطبيقاته في جميع مناحي الحياة، وتطوير وتفعيل شبكة الإنترنت التي ربطت البشر والآلات ومكنت المعلومة (وهي أساس أي تطور) من الوصول لجميع من يتصل بهذه الشبكة. ومن ذلك أيضا تمكين الشبكات من توصيل كل شيء بأي شيء (إنترنت الأشياء) والذي شمل فيما يشمله أجهزة ناظم نبض القلب، أجهزة تنظيم ضخ الأنسولين، وأجهزة التحفيز العصبي الدماغي.. إلخ التي مكنت الكثيرين من العيش بشكل طبيعي وسهلت (من خلال الشبكات) تواصلهم مع الأطباء لتمكين علاجهم بشكل فوري وعن بعد.

كان لاختراع جهاز النابض في خمسينيات القرن الماضي أثر عظيم في تمكين علاج مرضى القلب، تحديدا أولئك الذين يعانون من عدم انتظام ضربات القلب، وبشكل متواصل [٣] و [٤]. حيث يعمل الجهاز على قياس النبض وتحديد نوع العلاج الفوري بناءً على هذا القياس (تخفيض معدل النبض أو زيادته مثلا). هذا الجهاز يعمل بشكل آلي وقد تطور ليصبح أصغر حجما ويستمد طاقته من بطارية طويلة العمر ما مكن الأطباء من زرعه داخل القفص الصدري للمريض (انظر الشكل ٣). وقد زرع من هذه الأجهزة ما يقارب النصف مليون جهاز خلال عام ٢٠٠٨ في الولايات المتحدة فقط، ٧٠٪ منها ICDs والباقي Pacemakers. أما على المستوى العالمي فيقدر الخبراء عدد أجهزة الـ ICD المزروعة في الفترة ما بين وحيث إن إنترنت



الشكل (٣): جهازناظم نبض القلب، حجمه وموضعه داخل الجسم، نقلا عن [٥].
عامي ١٩٩٧ و ٢٠٠٣ بحوالي ٤٠٠ إلى ٤٥٠ ألف جهاز [٦].

الأشياء غزت هذا النوع من الأجهزة، تمت حوسبة الناظمات وشبكها لاسلكيا بهدف تحسين أدائها وزيادة الدقة في خياراتها. تقوم البرمجيات الموجودة في الجهاز ببث إشارات تمثل البيانات الحيوية للقلب Cardiogram Readings، عادة على شكل تقرير برسومات بيانية (تخطيط القلب) يقرؤها الطبيب المختص للتأكد من صلاحية الجهاز وللتدخل وقت الحاجة بالتحكم

في عمل الجهاز عن بعد، ما أتـــاح للمريض الكثير من الحرية في التنقـــل والعمل وزاد من كفاءة الطبيب والعملية العلاجية ككل [٧]. ورغبة في تقليل تدخل الطبيب إلى أدنى حد، أضيف مؤخرًا جهاز خارجي يسمى المبرمج (وهو جهاز تحكم قريب جدا من جهاز الـ ICD) يلتقط إشـــارات النابض ويقوم بدور الطبيب المشروح آنفا لكن بشـــكل آلي. ولتمكين الطبيب من مراقبة ما يحصل مع المريض طورت آليات كثيرة لنقل البيانات (عن طريق هاتف ذكي مثلا) من «المبرمج» إلى خادم تطبيقات يعمل كوســـيط بين المرضى المشتركين في الخدمة وأطبائهم. لم يصمم الـ ICD لاســـتقبال الإشـــارات البعيدة (أكثر من ١٠ سنتيمترات) كنوع من الحماية للجهاز وبالتالي فهو يعتمد على نفســـه في عمله وعلى التدخلات القليلة من «المبرمج». كما أنه صمم ليعيش داخل الجسد طول عمر المريض. لكن الهجمات الناجحة على أجهـــزة الـ ICD تعتبر خطيرة جدًّا كون إصلاح الجهاز أو استبداله يستلزم عملية جراحية لإخراجه من جسد المريض [٦] و [٨].

وبنفس النسق والأهداف تم تطوير نظام ضخ الأنسولين للتعامل مع مرضى الســـكري والذين يعانون عادة من فشـــل البنكرياس في إنتاج وضخ الكمية المناسبة من الأنسولين لمعادلة مستوى الســـكر الطبيعي في الجسم. النظام مكون من مضخة أنســـولين وجهاز تحكم منفصل يوجه المضخة بتحديد الكمية المناســـبة وتوقيت ضخ الأنسولين لجسد المريض. يقوم جهاز التحكم بعمله بناءً على معطيات (بيانات القياســـات الحيوية لجســـد المرضى) ويســـمى عادة مراقب الجلوكوز (Glucose Monitor). قد يتصـــل المراقب مباشرة بالمضخة وقد يتواصل معها من خلال شبكة محيط الجسد BAN، انظر الشكلين ١ و ٢ السابقين. تعمل المضخة لمدة قصيرة لا تزيد على الأسبوع إلا أن ذلك أفضل بكثير من طرق الحقن التقليدية والتي تجبر المريض في الحالات الشديدة من المرض على حقن نفسه ٤ إلى ٧ مرات يوميًّـــا [٩]. كما أن وجود المضخة وجهاز القياســـات الحيوية خارج الجسد يسهَل تغييرها أو التحول عنها للعلاج التقليدي في حالة تعطلها لأســـباب آلية أو بسبب هجوم القراصنة على برمجياتها. وقدرت أعداد هذه الأجهزة في الولايات المتحدة فقط سنة ٢٠٠٥ بربع مليون جهاز، وتوقع الخبراء زيادة مضطردة في عدد هذه الأجهزة حول العالم لتجاوز عدة ملايين حاليًّا [١٠].

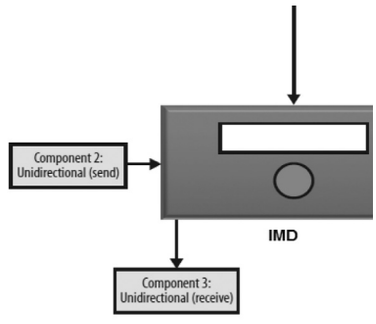
٢ ـ قرصنة الأجهزة الطبية: الطرق والأثر

قبل الخوض في شأن قرصنة الأجهزة الطبية المزروعة من نوع ICD و البنكرياس الصناعي، يجب النظر وبشكل مختصر لتاريخ الأجهزة الطبية المحوسبة ومدى أمانها. فالإحصائيات تدل على أن أكبر سبب لحوادث الوفاة والإصابات الخطيرة من جراء استخدام الأجهزة الطبية المحوسبة هي الأجهزة نفسها أو البرمجيات المســـتخدمة في التحكم في عمل هذه الأجهزة. كما نلاحـــظ أيضًا أن مثل هذه الأخطـــاء قديمة الوجود قدم تقنية الحاســـب نفســـها. وكما أوضحنا في المقدمة، فإن أخطاء النظم الحاســـوبية كثيرة ومتكررة لأسباب عديدة لم تعط من الوقت والجهد ما يكفي لحلها ما زاد في عدد الحوادث ودرجة فداحتها مع الوقت. ولا ننســـى أخـــيرًا ذكر العامل البشري. فكثير من الأخطاء تحصل بســـبب الإهمال أو عدم المعرفة من قبل الفنيين المشغلين للأجهزة الطبية، وثقة عمياء في تكنولوجيا بشرية قابلة جدًّا للخطأ. وأفضل مثال على ذلك هو ما حصل من جراء اســـتخدام جهاز «ثيراك ٢٥» Therac-25 في أواسط ثمانيات القرن الماضي، وهو جهاز طبي محوسب كان يستخدم في علاج مرضى السرطان بواســـطة الأشعة وبشكل آلي. فقد تسبب استخدام الجهاز في عدة مستشفيات في الولايات المتحدة بموت ســـتة مرضى وإصابة العديـــد الآخرين منهم بحروق ومشاكل صحية أخرى [١١]. وكما حصل في قضية ثيراك ٢٥ كان للأجهـــزة المزروعة نصيبها من حوادث الوفاة وإصابات أخرى بسبب الأعطال الفنية في الأجهزة نفسها. فمن النصف مليون مريض الذين حصلوا عـــلى جهاز ICD مزروع خلال الفترة ١٩٩٧-٢٠٠٣ تم تسجيل ٢١٢ حالة وفاة بسبب فشل خمســـة أنواع من هذه الأجهزة حســـب سجلات إدارة الغذاء والدواء الفدرالية FDA في الولايات المتحدة [٦]. وأحد هذه السجلات يشير إلى حدوث ماس كهربائي في الجهاز [١٠] أدى لوفاة شاب في عمر ٢٢ سنة.

وفي مـــا يخص قرصنة الأجهـــزة الطبيـــة المزروعة، بدا الأمر للكثيرين أول الأمر وكأنه جزء من مسلسل Homeland حـــين قرصن قاتل مأجـــور ناظم نبض القلـــب pacemaker الموجود في صدر نائب الرئيس الأمريكي ما تسبب في تعطيله ومن ثم تسبب في قتله [١٢]. لكن بالنسبة للباحثين، وتحديدا في عـــام ٢٠٠٦ وما تلاه، كان الأمر احتـــمالا ممكن الحدوث

وبالتالي تجب دراسته، وخاصة بعد ورود أخبار عن حادث وفاة الشاب المذكور أعلاه بسبب تعطل بطارية الجهاز. وما شجع الباحثين فعلاً على القيام بدراساتهم هو معرفتهم اليقينية بضعف وسائل الحماية للشبكات اللاأسلكية والمستخدمة في أغلب النظم التجارية المتوافرة وقتها (والتي لازالت تستخدم حتى الآن). فهذه الأجهزة في معظمها إن لم يكن كلها تستخدم برمجيات حماية تعتمد وسائل أخرى غير التشفير (وهو أقوى وسيلة مجربة لحماية الشبكات اللاسلكية). برامج الحماية هذه غالبًا ما تكون برمجيات محمية بقوانين حماية الملكية الفكرية ما يجعل التعديل عليها بطريقة قانونية شبه مستحيل [٢]. كما أن معظم هذه الأجهزة قادرة على الإرسال والاستقبال (انظر الشكل ٤) ما يسهل قرصنتها بأدوات مثل جهاز التحكم عن بعد Remote controller.

وما يهمنا هنا هي المخاطر الناتجة عن قرصنة ناظم نبض القلب ونظام ضخ الأنسولين واللذان حصلا على أكبر عدد من البحوث. وتحديدًا المخاطر الممكنة على المناحي الثلاثة المحددة لأمن المعلومات والمختزلة في الرمز(CIA): السرية Confidentiality، ٢) المصداقية Integrity، ٣) وتوفر الخدمة Availability. لكن الخطر الأكبر ربما يكمن في فقدان الثقة في هذه الأجهزة الطبية المحوسبة من قبل مستخدميها ما يعرض صحتهم لخطر أكبر ناتج عن «عدم» استخدام أجهزة ضرورية لحياة سوية وشبه طبيعية. هذا الخطر هو نتيجة حتمية إذا ما أفضت الأبحاث لتأكيد سهولة وإمكانية قرصنة الأجهزة الطبية المزروعة.



الشكل (٤): جهاز IMD تقليدي. المصدر [١٣].

ويعتبر كافن فو Fu [٤] (ومجموعة البحث معه بقيادة د. هالبرين حيث كان فو وقتها طالب دكتوراه) رائد البحث العلمي في مجال قرصنة الأجهزة الطبية المزروعة IMDs التجارية ضعيفة الحماية والمعتمدة على الشبكات اللاسلكية، وتحديدًا أحد أجهزة نابض القلب ICD المتوافرة سنة ٢٠٠٨. إدعاؤنا بريادة بحث فو مبني على الحقائق التالية: فهو أول من قام بدراسة عملية لإمكانية قرصنة جهاز ICD كما أن أغلب البحوث من بعده في المجال اتبعت نفس النهج و جربت حلوله وطورت عليها. أثبت فو إمكانية قرصنة جهاز الـ ICD وتخريبه بوسائل بسيطة ورخيصة نسبيا. فباستخدام تقنية الهندسة العكسية Reverse Engineering استطاع الباحثون معرفة الثغرات والمنافذ التي يمكن من خلالها القيام بالهجمات لاحقًا، ثم قام (من خلال جهاز راديو برمجيات Software Radio متوفر وبسعر بسيط) ببث إشارات الراديو للقيام بهجمات خطيرة مثل التجسس (Eavesdropping) على الإشارات المرسلة للمبرمج وهجمات الإعادة (Replay Attacks) والتي شملت الكثير من التعديلات على بيانات المريض وطريقة العلاج أو عمل تسارع في نبض المريض. كما أثبت إمكانية القيام بهجمات منع الخدمة DoS وذلك بإغراق الجهاز بطلبات خدمة تستنفذ طاقة البطارية مما يعطلها وبالتالي يعطل الجهاز عن العمل مما يعرض حياة المريض للخطر. الملاحظة الرئيسية في شأن الهجمات أنها كلها تمت من خلال مسافة قصيرة جدا من الجهاز (من واحد إلى بضعة سنتيمترات) وهو يجعل الهجمات محدودة لكن ممكنة جدا في غرف المستشفيات التي تعج بالناس ومنهم القراصنة بالطبع.

ولم يكن فو Fu أول من فكر في تأثير هجمات منع الخدمة DoS على بطاريات الأجهزة الصغيرة مثل الـ ICD. ففي بحثه سنة ٢٠٠٤ قام مارتين Martin [١٤] بتفريغ شحنات بطارية هاتف نقال بواسطة هذا النوع من الهجمات. وكذلك الأمر في الهجمات من خلال مسافات قريبة باستخدام موجات الراديو: فبحث هاسلستاينر Haselsteiner [١٥] شرح كيفية القيام بذلك، في حين وضح هايز Hayes [١٦] مبكرًا التاثير السيئ لموجات الراديو المنبعثة من الهواتف النقالة على نوابض القلب. أما ماثور Mathur [١٧] فقد أوضح كيفية اختراق موجات اللاسلكي بسهولة من خلال ما سماه التخاطر Telepathy.

وعلى منوال فو قام راغوناثان [١٨] بقرصنة نظام أنسولين لمعالجة مرضى السكري مكون من جزء مهمته مراقبة مستوى الجلوكوز (CGS) والتحكم في ضخ الأنسولين (من مضخة

الأنسولين) من خلال اختراق الشبكة الرابطة لأجزاء النظام بعضهـا ببعض بما فيها تلك المتصلة بالمبرمج والهاتف الذكي. فباستخدام الهندسة العكسية لبروتوكولات الشبكة والتجسس عليها eavesdropping استطاع راغوناثان التحكم في مضخة الأنسـولين وبتغيير بيانات المقاييس الحيوية من جهاز قياس الجلوكوز استطاع تغيير كمية العلاج وتوقيته ما أوحى بإمكانية قتل المريض من خلال القرصنة.

لكن ما قـام به رادكليف [٩] سـنة ٢٠١١ من قرصنة لنظام التزود بالأنسولين الخاص به كان له وقع أكبر. فرادكليف مصاب بالسـكري من الدرجة الأولى (وبالتـالي يهمه الأمر شخصيًا) كما أنه قام بنشر نتائج تجاربه في مؤتمر مغطى إعلاميًا بشـكل كبير وهو مؤتمر القبعة السوداء Black Hat للقراصنة المنعقد في الولايات المتحدة سنويًا. أثبت رادكليف أن الهجوم على مجس مسـتوى السـكر في الدم CGS كان سهلا للغاية في حين تطلب الهجوم على المضخة معرفة الرقم التسلسلي لها وهو رقم لا يمكن إيجاده عن بعد باستخدام هجمات شبكية. وهذا اقتضى من رادكليـف (أو أي مهاجم) وجوده بقرب المضخة وهو أمر صعب لكن غير مسـتحيل على المهاجم. وقد تمكن رادكليف من القيام بهجوم انتحال وتحايل Spoofing على جهاز الـ CGS وتغيير البيانات عن مستوى السكر في الدم. الهجوم التالي كان على المضخة نفسها حيث قام بتغيير مقاييس الضبط Configuration Settings في الجهاز بحيث تعطي كمية أكبر من الأنسـولين لكل وحدة نشويات وهو ما قد يؤدي إلى الإغماء أو حتى الوفاة. وكانت المضخة التي جربها رادكليف من النوع الذي تدخل فيه البيانات يدويًا من قبل مسـتخدميها. وحيث إن التوجـه كان نحو أتمتة عمل المضخة اعتمادًا على بيانات الـ CGS، توقع رادكليف زيادة الخطورة على الجهاز لفقدان عنصر التحكم البشري في العملية [٩].

وفي وقـت لاحق قـام الألماني ناكمـوب Knackmuß [١٩] بإجراء تجارب هجوم على وحدة ضخ أنسولين. لاحظ ناكموب سهولة القيام بهذا العمل من خلال استخدام شبكات الوايفاي غير المحمية والموجودة في أغلب المستشـفيات. قام الباحث بعمل عدة أنواع من هجمات القرصنة تشمل التشمم Sniffing، المسح Scanning، والاختراق الغاشم Brute Force Attack. كما اكتشـف الثغرات الواضحة في خادم الويب مثل عدم التحقق بعد محاولات الدخول باستخدام بيانات كاذبة. كسـابقيه فو و رادكليف أثبت ناكموب عمليًا سهولة اختراق الأجهزة الموصولة أو المزروعـة وعدم وجود أي آلية في هذه الأجهـزة للدفاع ضـد القرصنة والتجسـس. ومن المفيد في بحث ناكومب تنبيهه لإمكانية القرصنة في العيادات الصحية والمستشـفيات المزودة بخدمة واي فاي مجانية تتيح للقرصان الدخول وبسهولة على الشـبكة وتحليل البيانات الواردة فيها ومن ثـم تحديد الأجهزة الضحيـة ومهاجمتها. ودعا في بحثه لسد هذه الثغرة بتوعية المراكز الطبية لخطرها وحثها على إيجاد وسائل أكثر أمانا ضد القرصنة والتنصت على شبكات الواي فاي المستخدمة داخلها.

طبعًا لم يجرب الباحثون أعلاه إختراقاتهم على جسد بشري بل استخدموا مواد مشابهة لأنسجة الجسد التي يزرع فيها جهاز الـIMD. استخدم فو [٤] مثلاً لحوم الحيوانات في تجاربه. لذلك قام جليسون [٢٠] باستخدام جهاز محاكي للإنسان (مانيكان Mannequin) يستخدمه الممرضون وغيرهم من طلاب الطب والتمريض في التدريب على قياس المؤشرات الحيوية وتغيرها بسـبب المرض أو الإصابات الخطيرة (انظر الشـكل ٥). لم يهدف جليسون بذلك إلى استبدال مادة التجريب بقدر ما أراد التنبيه إلى خطورة الهجمات على أجهزة التدريب مثل الـ iStan في إفشـال تدريب الممرضين وغيرهم وما يسببه ذلك من آثار مسـتقبلية مثل تخريج ممرضين وفنيين غير مؤهلين، أو انعدام الثقـة بهذا النوع من الأجهزة الضرورية والمكلفة[٣] للتعليم. وقام جليسـون وبمعاونة فريق من طلاب علوم الحاسب في جامعة ألاباما الجنوبية South Alabama، وباستخدام أدوات بسـيطة متوافرة لأمثالهم، بمهاجمة جهاز iStan بهدف تحديد المنافذ أو الثغرات وبناءً عليه قام الطلاب بممارسـة ما تعلموه من طرق الهجوم التقليدية (مثـل هجمات منع الخدمة DoS، والاختراق الغاشـم Brute Force Attack) ما أدى إلى تعطل الجهاز أحيانا أو قيام الجهاز بعمله ولكن بشكل خاطئ أحيانًا أخرى. وتمت الاختراقات والهجمات التالية من مسافة قريبة من الجهاز ما يؤكد الفكرة أن المسافة عامل مهم جدًا في تحديد نجاح الهجوم من عدمه. ورغم أن [٢٠] لم يدّع أن تجارب طلابه تثبت التأثير القاتل على جسد بشري حقيقي جراء هجوم برمجي عن

(٣) تكلفة هذا النوع من الأجهزة تتجاوز المئة ألف دولار [٢١].

بعد، إلا أننا لا يمكننا إلغاء مثل هذا الاحتمال من أن يستنتج.

الشكل (٥): جهاز محاكاة الإنسان آي ستان iStan وتوابعه من CAE Healthcare [٢١] و [٢٢].

ورغم الإمكانية النظرية للاعتداء على مرضى يستخدمون أجهزة طبية مزروعة IMDs ، فإن عدد الحالات المسجلة لهذا النوع من الهجمات قليل جـدًا [٣] و [٩]. والواقع أن أغلب الشكاوي الموجهة للمجلس الأمريكي للغذاء والدواء FDA لأجهزة طبية مزروعة لا تشمل مثل هذا النوع من المخاطر [٢٣]. وفي نهاية المطاف ما هي الأسباب التي قد تدعو أحدهم للاعتداء على مريض يحمل في جسده ناظما لنبض القلب؟ باستثناء الشخصيات العامة والهامة من سياسيين[٤] وغيرهم ، فإنه على الأغلب لا توجد أسباب منطقية للاعتداء على المواطن العادي [٢٤]. لكن التهديد بالاعتداء بهدف ابتزاز المرضى ممكن جدًّا في ظل وجود دلائل لممارسات شبيهة تستخدم برمجيات الفدية Ransomware ، وهي برامج قرصنة يطلب المعتدي فيها من الضحية دفع مبالغ مالية لقاء تجنب هجوم على جهازه أو أجهزته المحوسبة. وبرمجيات الفدية في ازدياد مؤخرًا ما دعا بعض المختصين والقانونيين للتحذير من أن أكبر خطر سيواجهه مستخدمو تكنولوجيا المعلومات في سنة ٢٠١٦ هو برمجيات الفدية، والتي تتراوح المبالغ المطلوبة من خلالها ما بين ٢٠٠ و ١٠٠٠٠ دولار [٢٥] و [٢٦].

وإذا استثنينا محاولات القرصنة والابتزاز فإن أمن مثل هذه الأجهزة المحوسبة لا يزال يعتبر محل شك في ظل ضعف الإجراءات المتبعة (من قبل هيئة الـ FDA مثلا) في ترخيص مثل هذه الأجهزة ما يضعف الوازع لدى المنتجين لاستخدام إجراءات فحص أكثر تشددًا وعدم التسرع في دفع المنتجات إلى السوق قبل فحصها بشكل سليم [٢٣]. وأوضح [٢٧] دور الهيئات المنظمة مثل الـ FDA السلبي في زيادة هذه المخاطر. فالـ FDA وتحت ضغوط من المستشفيات والمستخدمين تحاول ترخيص أكبر عدد من هذه الأجهزة دون الفحص الكافي والطويل والذي تجريه عادة على الأدوية الجديدة. ومما زاد في تعقيد المشكلة هو تغاضي المستشفيات عن تسجيل حالات الخطأ في هذه الأجهزة خوفا من الملاحقة القانونية [٢٧] من قبل المرضى أو ذويهم.

٣ـ الحلول الفنية والإجرائية لمنع قرصنة الأجهزة الطبية المزروعة أو التخفيف من آثارها

قبل سرد الحلول الفنية والإجرائية (الإدارية) من الأبحاث المغطاة في دراستنا هذه، يجب أن تذكر أن أمن المعلومات دائما يستوجب نوعًا من التضحيات Tradeoffs. فزيادة الأمان عادة تعني قلة الفعالية والكفاءة. إنها معادلة صعبة لكن يمكن تحقيقها بناءً على معرفة تامة بمدى التضحيات التي يمكن تقديمها وقبولها من قبل المستخدم والأطراف المهم الأخرى من التشريعين والمصنعين. ويزداد الأمر صعوبة في حالة تأمين الأجهزة الطبية المحوسبة. فالتضحيات هنا على الأغلب قليلة أو شبه معدومة. الخطر على صحة وحياة المريض أمر لا يمكن مقايضته بأي فائدة أخرى. كما أن طريقة العيش الحر التي وفرتها مثل هذه الأجهزة لا يمكن أن يتخلى عنها المستخدم طواعية. لذا كان لا بد من الاستمرار بالبحث عن حلول جديدة وخلاقة (فنيًّا وإداريًّا) لضمان الجودة العالية جدًّا والمثالية مع أمان عال وسعر معقول للجهاز وخدماته.

ومن أوائل الباحثين في المجال كما أسلفنا من قبل هو فو [٤]. في عمله المميز سنة ٢٠٠٨ حاول فو Fu إيجاد حلول للمشاكل التي تسبب بها من خلال قرصنته لجهاز نابض قلب تجاري شائع الاستعمال. وقد نبه في بحثه إلى ضرورة إيجاد حلول جديدة ومختلفة عن الوسائل التقليدية المستخدمة في أمن الشبكات لأنها قد لا تجدي نفعًا كون الجهاز يعمل في بيئة حيوية (جسد الإنسان) ما يصعب تطبيق الوسائل التقليدية. فمثلاً طريقة تكوين مفاتيح لعملية التشفير لا تجدي نفعا في حالات الطوارئ. ونفس الشيء يقال عن طريقة حجب أي

(٤) تداولت وسائل الإعلام أن نائب الرئيس السابق ديك شيني قد عطل التواصل الشبكي مع جهاز الناظم الذي يستخدمه شخصيا، سنة ٢٠٠٧ [١٢].

إشارات تحكم أبعد من بضعة سنتيمترات كوسيلة للحمايةهو سيف ذو حدين. فمنع قبول الإشارات كتأمين ضد القرصنة يؤدي أيضًا لمنع دخول الإشارات الضرورية أيضًا (في حالات الطـوارئ مثلا) حين يحتاج الجهاز لتوجيهات اسـتثنائية من الطبيب المشرف. أولى فو جل عنايته لحل مشكلة نضوب طاقة البطارية بسبب هجمات إنكار الخدمة. كما اهتم أيضا بإشراك المسـتخدم في عملية محاربة القرصنة من خلال إيجاد آلية تنبيه في الجهـاز. وأخيرًا، حاول فو منع أو تثبيط محاولات الهجوم. تمكـن فو من تحقيق أهدافه الثلاثة من دون أي تأثير على طاقة البطاريـة، وصنف جميع الحلول على أنهـا صفرية الطاقة (لا تستهلك أي طاقة من البطارية) Zero-power defenses وذلك من خلال «حصد» Harvesting الطاقة الناتجة عن إشـارات الراديو RF المستعملة في التواصل بين أجزاء النابض والمبرمج وغيره لتحقيق مايلي:

١ ـ لتنبيه المسـتخدم (بالصوت) بوجود حدث له علاقة بأمن الجهاز (مثل هجوم قرصنة)

٢ ـ التحقق من هوية المتداخل مع الجهاز Authentication من خلال عملية تقييم مفاتيح التشفير المتبادلة

٣ ـ تبادل المفاتيح (في عملية التشفير) Key Exchange والتي يستشعرها المستخدم على شـكل إهتزازات Vibrations يقوم بها الجهاز.

وأمـا رادكليف [٩] و أومـر Omer [٢٨] وغيرهما من أتباع مبدأ البرامج المجانية مفتوحة المصدر فقد شـجعوا مبدأ «القرصنة الإيجابية» التي تهدف لكشف مصدر البرامج المحمية بقوانـين حماية الملكية الفكرية للتعديل على أي خطأ أو قصور في تلك البرامج المستخدمة في هذه الأجهزة. وقد أوضح أومر الأسباب التي تجعل مثل هذه البرامج الأجهزة المستخدمة لها أكثر أمانا للأجهزة.

واقترح البعض التحكم الآلي التام في عمليات الأجهزة وتوظيف برمجيات يمكن تعديلها بآخر التحديثات كما يحصل في نظـام ويندوز مثلاً. وهذا الاقتراح واجه رفضًا من البعض ممن يملكون أجهزة طبية ترسل ولا تستقبل (Unidirectional) ما يسـتوجب تدخلاً جراحيًّا لتغييرها وهو غير محبذ بالطبع. والبعض الآخر اقترح تصميم مثل هذه الأجهزة مثل الصندوق الأسود في الطائرات لكي لا يمكن التأثير عليه بتاتا ، و في حالة الاختراق يمكن فتح الجهاز ومعرفة الجاني من خلال البيانات المخزنة فيـه والتي يجب أن يكون جزءًا منها ما يشـبه الأدلة الجنائية [٢٦] .

واقترح زو [٢٩] استخدام جهاز خارجي يعمل على التثبت من هوية المتخاطبين مع الجهاز بهـدف منع القراصنة من ذلك التخاطب وبالتالي منع أي تخريـب للجهاز أو أي من وظائفه. وأسـمى ذلك الجهاز حارس جهاز الـ IMD (IMDGuard). لكـن البعض اعترض على الفكرة بدعوى أن الجهاز ثقيل وغير عملي ودعوا لتبني فكرة مشابهة تستبدل الجهاز بالبرمجيات.

ودرس روشانان Rushanan [٣٠] كل الابحاث في مجال تأمين الأجهزة الطبية ضد القرصنة، وصنف أنواع المخاطر من الهجمات (وكذلك الحلول) إلى ثلاث اصناف بناءً على الثلاث أجزاء الموجودة في نظم أجهزة الـ IMDs:

١ ـ هجـمات على الواجهة الحيوية Telemetry Interface(أي الشبكة اللاسلكية) مثل تلك التي قام بها فو و راغوناثان،

٢ ـ هجمات على (واجهة) المجسات التي تقوم بحساب وتدوين المقاييس الحيوية المستخدمة في تحديد طريقة العلاج، و

٣ ـ هجمات على برمجيات الجهاز التي تحدد كيفية عمله والتي تستطيع تغيير هذه الكيفية سلبيا.

وتمثل الدراسـات على الهجمات من النوع الأول أغلبية الأبحاث في المجال كما لاحظ روشـانان. وقد صنف الحلول للهجمات من النوع الأول إلى أربعة أنواع:

أ ـ حلول تسـتفيد من المقاييس الحيوية Biometrics لتكوين المفاتيح المستخدمة في التشفير.

ب ـ حلول تعتمد على المسافة بين المرسل وجهاز الـIMD كنوع من بروتوكولات التحقق من الهوية.

ج ـ حلول تعتمد على بيانـات خارجية تقوم بإدارة عمليات التشفير وتحدد طبيعة الـ Authentication.

د ـ وحلول تعتمد على جهاز خارجي «يلبس» من قبل المريض ليعمل كحاجز ووسـيط بين الـ IMD و المتصلين به ما يحقق الخصوصية والحماية معا مثل الجهاز المقترح من قبل زو [٢٩]المشروح أعلاه. ويعاب على الفكرة المسـتوى المنخفض من القبول من جهة المرضى.

أما في ما يخص الهجمات من النوع الثاني و الثالث، فقد لاحظ روشـانان قلة عدد الأبحاث التي تعالج المشاكل الناتجة عن سوء تصميم واختبار البرمجيات في الأجهزة، وعددها القليل جدًّا في ما يخص الهجمات على المجسات المنشأة للبيانات في هذه النظم. وكلا النوعين خارج عن نطاق بحثنا. لكن من المهم التنبيه على توصيات روشانان بالتعمق في دراسة اسـتخدام البيانات الحيوية كوسيلة متأملة في تكوين مفاتيح التشفير بشكل تفاعلي ومتغير [٣٠].

واستخدم زهانغ [٣١] شبكة النظام الصحي الشخصي PHS كوسـيلة لمراقبة أي تغيرات «شـاذة» أو غـير طبيعية على الأجهزة الطبيـة المزروعة والتحكـم في عملها بناءً على المعلومات المسـتقاة من هذه المراقبة (مثـل تغير مفاجيء في حجم جرعة الدواء دون سـبب منطقي). وأطلق زهانج على جهازه اسم MedMon وهو يعمل بنفس طريقة برمجيات مراقبة الشبكة التقليدية المستخدمة من قبل فنيي الشبكات لاكتشاف الخروقات بهدف منعها وتقليل تأثيرها.

وفي ما يخص أمن المرضى في المستشفيات والمراكز الطبية أوصى ناكموب [١٩] بتأمين الشبكات اللاسلكية داخل هذه المباني لمنع القرصنة والتطفل. فيما أوصى جليسون [٢٠] بحماية أجهزة محاكاة الإنسان iStan لأهميتها في تدريب الطواقم الطبية ولاختبارات الاختراق على الأجهزة الطبية المزروعة.

والتوجه العام في ما سبق هو نحومنع القرصنة أو تقليل تأثيرها. لكن هناك توجهًا معاكسًا يشجع القرصنة لمعرفة نص البرامج المسـتخدمة (من خلال الهندسـة العكسية) ليتمكن ذوي الخبرة (وهم كثر) من عمل التعديلات اللازمة على هذه البرمجيات لزيادة فعاليتها ومستوى الأمان فيها. يتبع هذا التوجه الكثير من النـاس أغلبهم من المؤمنـين بالبرمجيات المفتوحة المصدر Open Source Software. ساندلر Sandler [٦] مثلاً أثبت أن البرمجيات المفتوحة أكثر أمانًا من تلك التجارية (المغلقة المصدر). سمى أومر Omer [٢٨] هذه المجموعات بقراصنة الصحة Health Hackers وأوضح مجموعة من المشـاريع على راسـها البنكرياس الصناعي المخصـص للأطفال المصابين بالسـكري. ويبني المنتمون لهذا الفكر رأيهم على أن البرامج المفتوحة متاحة للجميع وبالتالي يمكن التعديل عليها أو عمل تطبيقـات جديدة (أو تعديل على تطبيقـات قائمة) مخصصة لمستخدم معين حسب مستوى معرفته و حاجاته.

وجرت العادة أن تقوم هيئـة الغذاء والدواء الأمريكية FDA بفحص مطول ومضن لأي أدوية قبل ترخيصها والسماح ببيعها. وعادة ما تقوم الهيئة بعمل ما يسـمى قائمة تعليمات ما قبل السوق Pre-market guidelines لتوجيه مصنعي المنتجات الدوائية والغذائية بتصنيع منتجاتهم لتجتاز تلك المجموعة من الفحوصات المضنية في أقل وقت وقبل السماح لأي منتج صحي أو طبي بالظهور في السوق. بعد ظهور المنتج في السوق وبعد مضي فترة كافية تسمح للمستخدمين لهذه المنتجات من تدوين ملاحظاتهم وشكاويهم (إن وجدت)، تقوم الـ FDA بإصدار ما يسمى بتعلميات ما بعد السوق Post market [٢٧]. ولكن هذا التشـدد والاهتمام من قبل الـ FDA لا يمكن تلمسه في ما يخص بالأجهزة الطبية المحوسـبة. أسـباب ذلك كثيرة ومن أهمها عدم وجود مقاييس معيارية للجزء الحاسوبي من الجهاز المطلوب ترخيصـه والذي عادة تترك مهمة فحصه لـ «خبراء ومهندسي الحاسب» [٢٣]، فيما تكتفي الـ FDA بوضع الأطر العامة والنصائح [٣]. وهذا لا يعني إهمال الـ FDA لدورها في حماية المستهلك، لكن نقص الكادر المتخصص و الضغوطات التي تمارسها المستشـفيات ومصانع الأجهزة الطبية وطلبات المسـتهلكين المتزايدة دفعت الـ FDA للناي بنفسـها عن دور المحقق في هذا الشـأن واكتفت بنـشر التحذيرات الطبية كلما أكتشف ما يسوغ مثل هذه التحذيرات. فمثلا قامت الـ FDA بنـشر تحذير من إمكانيـة قرصنة مضخات الأنسـولين بعد ظهور ذلك في الأبحاث وإهتمام الإعلام (الصحف وقنوات التلفزيـون) بهذه القضية [٣٢]. أهمية الموضوع ومسـؤوليته تشـمل أيضا مهندسي الأجهزة الطبيـة الحيوية Biomedical Engineers. اقـترح وود Wood [٣٣] (كونـه يجيـد البرمجة وفي نفـس الوقت هو مهندس طبي) نهجًا وسـيطًا للتقريب بين وجهتي نظر المهندسـين و مبرمجي الحاسب للوصول إلى حلول طبية أكثر أمانًا مما هي عليه الآن تشمل تقليل استخدام البرمجيات قدر الإمكان واستخدام وسائل أخرى (مثل المقاييس الحيوية) للتثبت من هوية مستخدم الجهاز، ومقترحات أخرى تركز على أهمية إشراك المهندسين الطبيين لما لتدريبهم المتشدد فيما يخص أمن المريض من دور مأمول في زيادة مستوى الأمان في الأجهزة الطبية المحوسبة.

والحلول القانونية والإجرائية يجب ألا ينتظرها المجتمع

من هيئــة حكومية قد تحكم عملهــا بيروقراطية تؤدي لعدم تحقيق الأهداف المرجوة، أو ضغوط لوبيات شركات الأدوية والمستشــفيات. كما لا يمكن انتظار الحلول الفنية على أساس أنها «الحل» النهائي. فرأي المستهلك مهم جدًّا ويجب أن يوجه مثل هذه التشريعات والقوانين والإجراءات. في دراسة قامت بها كلية الطب في جامعة واشــنطن عن وســائل حماية أجهزة ICD المزروعة، طلب مــن مجموعة من المرضى اختيار واحدة من مجموعة وســائل لحماية أجهزتهم. كان الجواب الشائع أنه مهــما كانت الطريقة المتبعة فيجب أن تتوافر على مجموعة مزايا أهمهــا أن الطريقة يجب أن تنبه المريض لأي خطر تتعرض له، لكن في نفس الوقت ألا تتطلب التدخل منهم بشكل يحتاجون فيه لمهــارات فنية غير متوافرة لديهم (يعني ســهولة التحكم والتدخل من قبلهم) ولا أن يضطروا لكشــف خصوصيتهم في المقابل [١٣].

وأما أي طريقة فنية يفضل المرضى، فقد أشارت الدراسة إلى أن الغالبية منهم يفضلون الطرق التقليدية مثل الكلمة السرية للتحكم في الجهاز وحمايته من الاختراق. لكن المشكلة كانت في كيفية تدخل الطبيب في حالة غياب المريض عن الوعي وعدم معرفة الطبيب لكلمة السر هذه. لحل المشــكلة اقترح البعض طباعة كلمة السر على شكل وشم على جسد المريض بشكل لا يظهر إلا للطبيب (بكشفها بالأشعة تحت الحمراء مثلاً). إلا أن أغلب المرضى رفضوا فكرة الوشم وفضلوا عليها فكرة أخرى وهي فكرة الأسورة Bracelet التي تحوي كلمة السر. المشكلة طبعًا كانت في إمكانية ضياع مثل هذه الإسورة[١٣]. وتخلص الدراسة إلى أن الحلول يجب أن تكون مقبولة من قبل المستخدم وإلى ضرورة وجود مقاييس معيارية تستخدمها الجهات المشرعة والمرخصة، وتلتزم بها الجهات المصنعة لهذه الأجهزة.

الخاتمة

نوقش في هذا البحث موضوع إمكانية قرصنة الأجهزة الطبية المزروعــة (منظمات ضربات القلب المحوســبة ICD تحديدًا) أو الملصقة بالجســد البشري (نظام ضخ الأنســولين المحوســب تحديدا) والحلول الفنية المناســبة لمنــع مثل هذه القرصنــة أو التخفيف من آثارها. وتهــدف الأجهزة مدار البحث للعمل على علاج أمراض مزمنة (عدم انتظام ضربات القلب ومرض السكري) بشكل آلي، وتستخدم حاليًّا تطبيقات حاســوبية خاصة تنظم عملها وتبث بيانات قيمة للمشرفين من أطباء وغيرهم للمساعدة في إستمرار عملها بشكل سليم. والانتشار السريع لهذه الأجهزة دون ضوابط قانونية وعلمية كافية، بالإضافة لعوامل أخرى تســبب في الكثير من حالات فشل لهذه الأجهزة نتج عنه إصابات جسدية أو حتى الوفاة في بعض الحالات.

ورغم ندرة التقارير عن وجود حالات قرصنة لمثل هذه الأجهزة وما قد ينتج عنها من تأثيرات، إلا أن الاحتمال النظري لحصــول هذا النوع من الهجمات ممكن جدًّا. فمن المعروف أن أسباب القرصنة الرئيسة تشمل الكسب غير المشروع من خلال الإبتزاز (عادة بواســطة برمجيات الفدية Ransomware)، أو للحصول على متعة الشــعور بالانتصار والتغلب على آليات الأمن في هذه الأجهزة. وكلا الســببين مسوغ جيد لمحاولات القرصنة [٥].

ومن المهم تذكر أن الحلول الفنية لوحدها لا تكفي دون أن تتوافر لها القاعدة التشريعية المناسبة لضمان تحققها، وحصول القبول من قبل المستخدمين دون تغيير في كفاءة هذه الأجهزة أو سهولة اســتخدامها. ومن المشاكل الرئيسة التي أوضحها البحــث عدم توافر معايــير قياســية Standards في ما يخص الفحص والترخيص مــن قبل الهيئات الحكومية المختصة، أو حتى ما يخص البحث والتدريس في المجال. يحث المؤلف على إيجاد مثل هذه المعايير كما يحث على إشراك المرضى والأطباء في كل مراحل تصميم وإستخدام مثل هذه الأجهزة.

والبحث في معظمه كان تلخيصًــا للمراجعات الأدبية (الدراسات السابقة) في مجال قرصنة الأجهزة الطبية الملصقة بجســد المريــض أو المزروعة داخلــه WIMDs. وهو بحث نظري (رغم تطرقه للطرق الفنية التي اســتخدمها أو اقترحها الباحثون)، يرمــي إلى التنبيه لخطورة وأهمية موضوع البحث والدراسة فيه ولا يهدف (على الأقل في الوقت الحالي) لتقديم حلول جديدة تمنع قرصنة الأجهزة الطبية أو تخفف من آثارها. كما يهدف إلى تشــجيع البحث (والباحــث العربي خصوصًا)

(٥) هــذا طبعــا بعــد اســتبعاد حــالات قرصنــة خاصــة مثل تلــك التي تهدف لاغتيال شــخصية عامة أو الانتقام من شــخص ما بتخريب جهــازه الطبي المــزروع أو الملصق.

في مجـــال تأمين الأجهزة الطبية الملصقة أو المزروعة في جســـد الإنسان. القائمة التالية تمثل مجموعة غير حصرية من الأسئلة المفتوحة والقابلة للبحث:

١ ـ موازنة الفعالية مع الأمـــان في الأجهزة الطبية الملصقة أو المزروعة.

٢ ـ ترخيص الأجهزة الطبية الملصقة أو المزروعة.

٣ ـ التشفير كوسيلة تأمين لاتصالات الأجهزة الطبية الملصقة أو المزروعة.

٤ ـ توفير الأدلة الجنائية الرقمية في الأجهزة الطبية الملصقة أو المزروعة وتحليلها.

٥ ـ اســـتخدام وســـائل تحليل البيانات الحديثة وتكنولوجيا البيانات الكبيرة Big Data والســـحب الرقمية في تسريع إيجاد حلول للمشاكل المذكورة أعلاه.

المراجع

1.K. Saleem et al, "Survey on Cybersecurity Issues in Wireless Mesh Networks based eHealthcare", IEEE 18th International Conference on e-Healthcare Networking, Applications, and Services, 2016.

2.M. Zhang, A. Raghunathan, and N. K. Jha, ''MedMon: Securing medical devices through wireless monitoring and anomaly detection,'' IEEE Transactions in Biomedical Circuits Systems, volume 7, no. 6, pp. 871–881, Dec. 2013.

3.A. Burns, M. Johnson, and P. Honeyman, "Brief Chronology of Medical Device Security," Communications of the ACM, volume 59, no. 10, October 2016.

4.K. Fu et al, "Pacemakers and Implantable Cardiac Defibrillators: Software Radio Attacks and Zero-Power Defenses," in Proceedings of the IEEE Symposium on Security and Privacy, pp.129-142, May 2008.

5.Google Images of ICDs. Online: https://www.google.com.sa/search?safe=strict&hl=ar&site=imghp&tbm=isch&source=hp&biw=1280&bih=633&q=implantable+cardioverter+defibrillator&oq=Implantable&gs.

6.K. Sandler, L. Ohrstrom, L. Moy, and R. McVay, "Killed by Code: Transparency in Implantable Medical Devices," 2010. Online: http://www.softwarefreedom.org .

7.C. Israel and S. Barold, ''Pacemaker systems as implantable cardiac rhythm monitors,'' American Journal of Cardiology, volume 88, no. 4, pp. 442–445, Aug. 2001.

8.Z. Guanglou et al., "Ideas and Challenges for Securing Wireless Implantable Medical Devices: A Review," Article in IEEE Sensors Journal, no. 99, December 2016.

9.J. Radcliffe, "Hacking Medical Devices for Fun and Insulin: Breaking the Human SCADA System," in Proc. Black Hat Technical Security Conference, Jul./Aug. 2011.

10.M. Tobias, "What to stop hackers from infecting Medical Devices", Forbes Magazine, April 2012, Online: http://www.forbes.com/sites/marcwebertobias/2012/04/20/whats-to-stop-hackers-from-infecting-medical-devices/3/#6c12ff6a1b87 .

11.Gift of fire: Social, Legal, and Ethical Issues for computing Technology. Sara Baase. 4th edition, Pearson Education/Prentice Hall Publications, 2013.

12.D. Clery, "Could a wireless pacemaker let hackers take control of your heart?", Science magazine, February 2015, online: http://www.sciencemag.org/news/2015/02/could-wireless-pacemaker-let-hackers-take-control-your-heart .

13.N. Leavitt, "Researchers Fight to Keep Implanted Medical Devices Safe from Hackers," IEEE Computer Society, Technology News, August 2010.

14.T. Martin, M. Hsiao, D. Ha, and J. Krishnaswami, ''Denial-of-service attacks on battery-powered mobile computers,'' in Proc. IEEE Conference on Pervasive Computing and Communications, pp. 309–318, March 2004.

15.E. Haselsteiner and K. Breitfuss, ''Security in near field communication,'' in Proceedings of the Workshop on RFID Security, pp. 3–13, July 2006.

16.D. Hayes et al., ''Interference with cardiac pacemakers by cellular telephones,'' New England Journal of Medicine., volume 336, no. 21, pp. 1473–1479, May 1997.

17.S. Mathur, W. Trappe, N. Mandayam, C. Ye, and A. Reznik, ''Radio-telepathy: Extracting a secret key from an unauthenticated wireless channel,'' in Proceedings of ACM International

29.F. Xu, Z. Qin, C. C. Tan, B. Wang, and Q. Li, ‘‘IMDGuard: Securing implantable medical devices with the external wearable guardian,’’ in Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Communications, pp. 1862–1870, April 2011.

30.M. Rushanan, A. Rubin, D. Kune, and C. Swanson, ”SoK: Security and Privacy in Implantable Medical Devices and Body Area Networks,” IEEE Symposium on Security and Privacy, 2014.

31.M. Zhang, A. Raghunathan, and N.K. Jha, “Trustworthiness of Medical Devices and Body Area Networks,” Proceedings of the IEEE, volume 102, no. 8, August 2014.

32.A. Ossola, “FDA issues warning about hackable Medical Devices”, Popular science magazine, August 2015, online: http://www.popsci.com/fda-issues-warning-cyber-security-risks-medical-devices .

33.B. Wood, “Medical Device Security: A Biomedical Engineering Professional’s Perspective,” Information Systems Security Association (ASSA) Journal, pp. 14-17, September 2014.

Conference on Mobile Computer Networks, pp. 128–139, 2008.

18.C. Li, A. Raghunathan, and N. K. Jha, ‘‘Hijacking an insulin pump: Security attacks and defenses for a diabetes therapy system,’’ in Proceedings of the IEEE International Conference on e-Health Networks Applied Services, June 2011.

19.J. Knackmuß, T. Möller, and R. Creutzburg, ”Security risk of medical devices in IT networks: the case of an infusion pump unit,” in Proceedings of the International Society for Optical Engineering (SPIE), March 2015.

20.W. Glisson et al., “Compromising a medical Mannequin,” Cornell University Library, [Online] www.arXiv.org/abs/1509.00065, August 2015.

21.D. Storm, “Researchers hack a pacemaker, kill a man (nequin)“, Computer World, September 2015, Online: http://www.computerworld.com/article/2981527/cybercrime-hacking/researchers-hack-a-pacemaker-kill-a-man-nequin.html .

22.iStan from CAE healthcare, a pdf file, online: www.caehealthcare.com .

23.W. Maisel and T. Kohno, “Improving the Security and Privacy of Implantable Medical Devices,” New England Journal of Medicine, volume 362, no.13, pp. 1164-1166, April 1st, 2010.

24.D. Basulto, “From Hacking Computers to Hacking Humans”, Big Think, January 2016, online: http://bigthink.com/endless-innovation/from-hacking-computers-to-hacking-humans .

15.A. Ossola, “Hacked Medical Devices may be the biggest cybersecurity threat in 2016”, Popular science, November 2015, online: http://www.popsci.com/hackers-could-soon-hold-your-life-ransom-by-hijacking-your-medical-devices .

26.J. Porup, “Ransomware is coming to Medical Devices”, Motherboard Magazine, November 2015, online: http://motherboard.vice.com/read/ransomware-is-coming-to-medical-devices .

27.D. Kramer et al., “Security and Privacy Qualities of Medical Devices: An Analysis of FDA Postmarket Surveillance,” Los Angeles Biomedical Research Institute, PlosOne open access article, July 2012.

28.T. Omer, “Empowered citizen ‘health hackers’ who are not waiting,” BioMedCentral Journal, volume 14, no. 118, August 2016.

ملخص السيرة الذاتية

د. محمد سعيد غزال

البريد الإلكتروني

mohammed.ghazal@nauss.edu.sa

السجل الأكاديمي:

- حاصل على درجة الدكتوراه في نظم المعلومات الحاسوبية سنة ٢٠١١، ودرجة الماجستير في نفس التخصص من جامعة ديبول في الولايات المتحدة سنة ٢٠٠١.
- حاصل على درجة الماجستير في اقتصاد الطاقة والمعادن من جامعة تكساس ١٩٩٣.
- حاصل على درجة البكالوريوس في هندسة التعدين من جامعة الملك فهد للبترول والمعادن سنة ١٩٨٥.

سجل العمل الأكاديمي:

- ٢٠١٤ وحتى الآن: أستاذ مساعد في قسم الدراسات الأمنية بكلية العدالة الجنائية في جامعة نايف العربية للعلوم الأمنية. عمل في كلية أمن الحاسب والمعلومات لسنتين، وحاليا يعمل كمشرف علمي على برنامج دبلوم الجرائم الإلكترونية في كلية العدالة الجنائية.
- ٢٠٠٢-٢٠١٤: عمل كأستاذ مساعد في نظم المعلومات الحاسوبية ونظم المعلومات الادارية في عدة جامعات في السعودية والأردن والإمارات تشمل الجامعة الأردنية وجامعة عمان الأهلية و جامعة أبوظبي وجامعة العين .
- ١٩٩٠-٢٠٠١: عمل في عدة جامعات وكليات جامعية في الولايات المتحدة الأمريكية كمدرس في الحاسب الآلي والرياضيات.

سجل البحث العلمي:

- ألف كتابا في نظم المعلومات الادارية سنة ٢٠٠٣.
- كتب في مجال تنقيب البيانات Data Mining وتحديدا عناقيد البيانات Clustering وتوظيف ذلك في مجال محاربة عمليات الاحتيال وتأمين نظم المعلومات.
- اهتماماته البحثية حاليا: أمن نظم المعلومات الصحية والأجهزة الطبية المحوسبة، المقاييس الحيوية، والبحث الجنائي الرقمي.

Hacking Wearable and Implantable Medical Devices

Dr. Mohammed S. Gazal

Abstract

Despite the constructive gains that the information communications or computer applications have yielded, hacking operations among such channels ─ information communication and computer sources ─ represent tangible obstructions in such networks. This explains the construct of network transmission fluctuating between two paradoxical types ─ vicious data vs. virtuous programs.

As the need of networks has become imperative in our daily lives, all segments of social strata, encounter this problem. The challenge is constant. It requires the tradeoff of certain characteristics ─ the rapidity and higher level of performance against access of increased security. On this count, wireless networks have assisted immensely against their counterpart wired networks. Also, other applications ─ smart phone devices; internet of things; and IoT ─ have made constructive achievements. All such devices are wireless. Such devices serve as fundamental channels of information transmission. On their part, such channels lead to the expansion of the existing problem and its increasing sophistications. At present, technology of internet of things is visible in multiple household applications and modern transportations. Also visible are applications of implantable medical devices in human body. Terminologically, there are known as Wearable and Implantable Medical Devices (WIMDs). Such applications are used in organizing chronic diseases, dialectic, cancer and cardiallic ailments represent as illustrative examples.

The present study is in fact, a survey study. It is focused on literature associated with hacking wearable and implantable medical devices. In particular, it relates to Implantable Cardiac Defibrillator (ICD). Included in the context are insulin Injunctions. Also, the latter are known as Artificial Pancreas as well. These represent the construct of Insulin Pump and its relative control machine.

The present study, in seem, explains the relative role of hacking in above ─ cited devices and its special adverse impact on the patient. Also, it shows the possibility of corrections in their pertinent programs through simple devices with reasonable prices. Remote control and Software Radio reflect illustrative instances. Finally, the present study unfolds probable dangers stemming from such hacking and the conducive solutions ─ technical and administrative. Such solutions will be able either to restrain or lessen the magnitude of such dangers.