

التداخل الكهرومغناطيسي في المستشفى

Electromagnetic Interference in the Hospital

W. David Paperman

Clinical Engineering Consultant

Cut 'N Shoot, TX

Yadin David

Director, Center for TeleHealth and Biomedical Engineering Department

Texas Children's Hospital

Houston, TX

James Hibbetts

Texas Children's Hospital

Houston, TX

تتزايد كثافة إشغال الطيف الكهرومغناطيسي بسبب توسع الخدمات اللاسلكية (المتهمون). وبالرغم من جهود المصنّعين لتقوية الأجهزة الإكلينيكية تجاه تأثيرات التداخل الكهرومغناطيسي (EMI)، إلا أن تقارير عن حوادث تداخل جديدة مع أجهزة طبية لم تتأثر في السابق (الضحايا) تظهر في المراجع الطبية وعلى شكل حكايات (نوادير) (CBS, 1994) و (Paperman et al, 1994). يجب أن يتوسع دور وقاعدة معرفة المهندس الإكلينيكي من أجل فهم وإدارة هذه التحديات التي لا تفتأ تتزايد.

الإشعاع الكهرومغناطيسي

Electromagnetic Radiation

يحدث الإشعاع الكهرومغناطيسي عندما يتم توليد تيار متناوب. ينشأ الحقل الكهرومغناطيسي في جوار المصدر. يمكن زيادة مدى أو مجال الحقل الكهرومغناطيسي المشع عندما يُربط إلى ناقل. يستمر إشعاع الحقل المغناطيسي بـسريان التيار على طول هذا الناقل. سوف يتم توليد تيار مقابل، ولو بمطال أصغر، عندما يتعرض ناقل آخر إلى حقل الناقل المشع. سوف يكون للحقل المشع خصائص كثيرة. الخصائص الأكثر أهمية منها هي المطال والدورية وشكل الموجة.

يُعرف مطال التيار المتناوب المتأثر طاقة الحقل المشع. يُعبر عن هذا الحقل عموماً بالك فولت/متر (V/m). سوف يُعرف المطال عند نقطة المصدر (الناقل المرسل)، بالاشتراك مع التردد والمسافة، مطال الحقل الكهرومغناطيسي المحرّض في الناقل الثانوي (المستقبل) حسب قانون التربيع المعكوس.

يتم التعبير عن الدورية أو دور التناوب بالهرتز (١/ثانية) ما يسمح بحساب طول الموجة للحقل الكهرومغناطيسي المشع. إن معرفة طول الموجة في مقابل الطول المادي الملموس للمشع وللناقل الثانوي الذي يتم تحريض الطاقة المشعة فيه يعطي تخميناً للمطال المحتمل الذي ينشأ لدى أو في جهاز تحت المخاطرة. تستطيع أشكال الموجة غير الخطية (الجيبية) أن تنتج ترددات عديدة ومتغيرة. المثال الأول لشكل موجة غير خطية هو الموجة المربعة. تنتج الموجة المربعة تعدديات كثيرة (هارمونيّات) لها مجال أضعافاً مضاعفة للتردد الأساسي. تولّد غالبية الأجهزة الرقمية أمواجاً مربعة.

واعتماداً على المطال عند نقطة التوليد ومردود (فعالية) المشع المساعد (الهوائي) والتردد المولّد وشكل الموجة فإن احتمال التداخل بين الأجهزة الرقمية والأجهزة الإكلينيكية يمكن أن يحدث على بعد كيلومترات كثيرة من مصدر الإشعاع الكهرومغناطيسي.

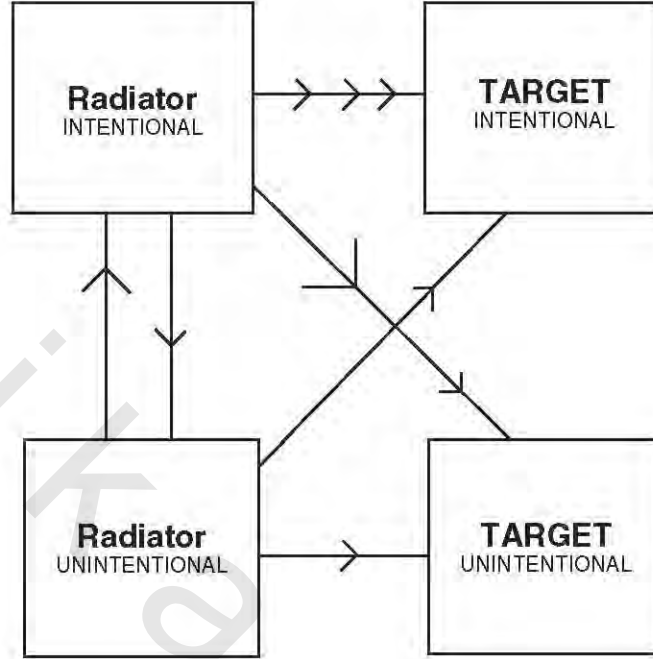
تأتي تهديدات التداخل الكهرومغناطيسي من مصادر عديدة تُقسم بشكل عريض إلى فئتين: (١) أجهزة تبعث إشعاعاً كهرومغناطيسياً مقصوداً من أجل الاتصالات والتحكم، و (٢) أجهزة تبعث إشعاعاً كهرومغناطيسياً غير مقصود (عرضياً) كناتج جانبي لعملها (الشكل رقم ٦٣،١). وفيما يلي بعض المصادر الرئيسية والأكثر شيوعاً للتداخل الكهرومغناطيسي التي يتم مواجهتها في البيئة الإكلينيكية.

المشعّات المقصودة Intentional Radiators

- محطات البث التلفزيوني: التماثلية والرقمية.
- محطات الراديو التجارية: التماثلية والرقمية.
- أجهزة الراديو المتنقل الأرضية: ذات القاعدة الثابتة (FB) والمتنقلة ومصادر الراديو ثنائية الاتجاه المحمولة (ووكي توكي)*.
- أجهزة البيجر: أجهزة بث خدمة رسائل لاسلكية أحادية وثنائية الاتجاه.
- أجهزة ومحطات الهاتف الخليوي*.
- مساعدات رقمية شخصية لاسلكية (PDAs).
- أجهزة الربط الشبكي اللاسلكية (تهديد متزايد في حزمة الـ ISM ذات التردد (٢،٤) غيغا هرتز الصناعية والعلمية والطبية).

* مصادر (متهمة) في حوادث تُعزى إلى تداخل كهرومغناطيسي تمت مواجهته في مستشفى تكساس للأطفال.

- مستخدمون غير مرخص لهم لأجهزة اتصالات راديوية ثنائية الاتجاه (قراصنة) *.



الشكل رقم (١، ٦٣). تعقيدات مشعات وأهداف التداخل الكهرومغناطيسي: المتهمون والضحايا.

المشعات غير المقصودة Unintentional Radiators

- أنظمة الإضاءة (خصوصاً الفلورسنتية) بما فيها كوابح التيار الإلكترونية الموفرة للطاقة *.
- أنظمة التحكم عالية الطاقة (متحكمات التكييف) وخصوصاً متحكمات السرعة المتغيرة *.
- خدمات كهربائية بها خلل وظيفي *.
- محركات كهربائية من النوع العام (Universal-type) *.
- مقاييس التأكسج (الأكسيمترات) النبضية *.
- شاشات (مهبطية و بلازما) حاسوب وتلفزيون وتجهيزات.
- شبكات الحساب السلكية.
- أجهزة الكشف عن وإنذار الحريق "الذكية" *.
- أجهزة الجراحة الكهربائية *.
- مزيلات الرجفان.

وكما يُرى من القوائم السابقة ، فإن مصادر الإشعاع الكهرومغناطيسي هذه يمكن أن تكون مقصودة وغير مقصودة. يمكن تقسيم التحديات والاستجابات المؤسسية المفروضة بوجود مصادر التداخل الكهرومغناطيسي هذه من أجل جميع المقاصد والأهداف إلى أربعة أقسام: التخفيف والكشف والتصحيح والوقاية. وبالرغم من أن التخفيف والوقاية يبدوان متشابهين فإنهما يختلفان في مقارباتهما وتطبيقاتهما.

الحد من تأثير التداخل الكهرومغناطيسي

Controlling the Effect of EMI

التخفيف Mitigation

الهم الرئيسي في مرحلة التخفيف هو تخفيض المخاطرة على أو التضحية بالأجهزة الإلكترونية بسبب أجهزة تبعث إشعاعاً كهرومغناطيسياً مقصوداً أو غير مقصود. يمكن أن تكون مصادر الأجهزة داخلية أو خارجية بالنسبة للمؤسسة. يمكن أن تكون الأجهزة مشعّات مقصودة أو غير مقصودة لحقول كهرومغناطيسية ، والحقول الكهرومغناطيسية يمكن أن تكون مشعّة أو منقولة. يوضح الشكل رقم (٦٣،١) التداخل الكهرومغناطيسي بين المشعّات المقصودة وغير المقصودة والأهداف المقصودة وغير المقصودة.

يتم إنجاز التخفيف جزئياً عن طريق تحليل دقيق للجهاز بما فيه الملحقات المستخدمة معه والبيئة الكهرومغناطيسية التي سيستخدم فيها. لقد تم تنفيذ مقارنة ناجحة في مستشفى الأطفال في تكساس. تم إنجاز هذه المقارنة في مرحلتين: (١) تحليل شامل للبيئة الموضوع فيها الجهاز سُمّي "بصمة القدم" "footprinting"، و (٢) تحليل شامل بشكل مماثل للجهاز الإلكتروني بحذ ذاته سُمّي "بصمة الإصبع" "fingerprinting". يتم لاحقاً في هذا الفصل وصف إجراءات التوصيف الكمي للتداخل الكهرومغناطيسي المحتمل وتخفيف الآثار من خلال تحليل البيئة.

يحدث جزء حيوي آخر من عملية التخفيف أثناء تخطيط المرفق (المنشأة). وسواء كان الأمر تخطيطاً لمنشأة جديدة أو توسعة لواحدة موجودة أو إعادة نمذجة لمنشأة فإن اتصالات واضحة ومختصرة بين الأقسام المتأثرة والمهندسين المعماريين والمقاولين وقسم الهندسة الإلكترونية تُعدّ أمراً حيوياً ي جميع مراحل المشروع. فمثلاً قامت مؤسسة بتركيب غرف مُحجّبة screened غالية يتكاليف عالية. وعندما قرر المهندس الإلكتروني ، كاستجابة لشكاوى من عمل جهاز تخطيط عضلات EMG خاطئ ، أن الغرفة لعبت دوراً في علاقة المتهم/الضحية ، تم تفكيك الغرف بتكاليف كبيرة أيضاً. إن تغيير مكان القسم المتأثر لم يكن خياراً في هذه الحالة. لم يتم إعلام قسم الهندسة الإلكترونية عن هذه الغرف أو عن تطبيقها المقصود الذي يتضمن استخدام أجهزة متهمة معروفة.

تتضمن أمثلة التخفيف الاستباقي الخدمات الاستشارية المقدمة من قسم الهندسة الإلكترونية ومجموعة الخدمات التلفزيونية Television Services Group أثناء التوسعة الأخيرة لمستشفى الأطفال في تكساس. لم تتضمن

هذه الخدمات التي استدعت خبرة جميع المجموعات ضمن قسم الهندسة الإكلينيكية تصميم المكان فقط وإنما تصميم وتنفيذ وتوسعة أنظمة الاتصالات وبث الرسائل (البيجر) اللاسلكية. تمت المحافظة على مستويات طاقة تردد عالي عند مستويات اعتبرت آمنة بالنسبة للأجهزة الإكلينيكية من خلال استخدام أنظمة هوائيات موزعة الطاقة (أي : leaky coax-radial) في حين تأمين تغطية المنطقة المطلوبة من أجل نظام بث رسائل (بيجر) خاص بنظام استدعاء مرضات. تم تنفيذ اتصالات هاتفية لاسلكية آمنة باستخدام أنظمة ميكروخلوية منخفضة الطاقة. تمت مراجعة أنظمة الحماية ضد خطف الرضع من أجل مواصفات تتضمن خصائص انبعاث وتم اختيار نظام جزئياً بناء على مستويات إشعاعه الكهرومغناطيسي المنخفضة.

إن استخدام أجهزة اتصالات راديوية محمولة في بيئة مجمع كبير يتطلب أساساً للأمن والهندسة وخدمات الضيوف. وكجزء من عملية التخفيف فإن التعليمات بخصوص الاستخدام الآمن للأجهزة الراديوية ثنائية الاتجاه في البيئة الإكلينيكية أمر إلزامي لجميع الموظفين الذي يستخدمون هذه الأجهزة (ECRI, 1993).

الكشف Detection

يتم تنفيذ الكشف بناء على تقرير عن خلل وظيفي لجهاز. قد يشير تحليل أولي للحدث إلى أن سبب الخلل الوظيفي المتقطع أو الدائم ربما كان تداخلاً كهرومغناطيسياً. في حالة استمرار خلل وظيفي لا يُعزى إلى أعطال ضمن الجهاز بحد ذاته (مثل تقرير خدمة بعدم وجود مشكلة (NPF)) فإنه يتم البدء بفحص دقيق باستخدام أجهزة اختبار مختلفة قد يتطلب بعضها بناء خاصاً. يقدم هذا القسم وصفاً أكثر تفصيلاً للأجهزة الأساسية الضرورية لمعرفة مكان وتحديد مصادر التداخل الكهرومغناطيسي وبعض التقنيات الأساسية التي يُشار إليها بـ "صيد الشبح" "ghost hunting". وفي اللحظة التي يتم فيها الكشف عن نوع ومصدر التداخل وتحليله فإن الخطوة التالية تكون تخفيض أو إزالة التداخل في الجهاز الضحية. إلا أنه يتم مع ذلك في بعض الحالات إزالة الجهاز الضحية بسبب بيئة كهرومغناطيسية معادية بشكل شديد. إن استبدال جهاز مكافئ ذي استجابات أخرى أقل حساسية بالجهاز الضحية هو خيار في هذه الحالة.

يمكن لمرحلة الكشف أن تزيل إمكانية التداخل الكهرومغناطيسي كمتهم وسبب لعمل غير مناسب لجهاز معين. وبالفعل فإن فحصاً لاحقاً قد يكشف عن مشاكل تقنية في جهاز كانت تُعزى سابقاً إلى تداخل كهرومغناطيسي.

التصحيح Correction

يمكن لتصحيح العلاقة (العلاقات) بين المتهم/الضحية أن يأخذ أشكالاً كثيرة بعضها عملي وبعضها غير عملي. يمكن لتصحيح أن يكون جزءاً من عملية لضمان أن الجهاز الضحية يستوفي جميع المواصفات الفنية التي

يمكن أن تؤثر على قابلية تأثره بالإشعاع الكهرومغناطيسي. فعلى سبيل المثال ينبغي لكادر المستشفى أن يضمن أنه قد تم عمل اتصال حالة- إلى - حالة case-to-case contact مناسب في تغليفات ناقلة مغلقة وأن التغليفات لم تهترئ أو تُخدش. في بعض الحالات يمكن وينبغي للجهاز الضحية أن يُزال من البيئة التي يكون فيها تحت المخاطرة. إذا كان المتهم محلياً فالإزالة يمكن أن تكون حلاً عملياً للمشكلة. حدثت حالات إشعاع كهرومغناطيسي صادر عن تمديدات سائبة (إشعاع خامل passive) أملت إزالة هذه التمديدات. قد يستوجب التداخل الكهرومغناطيسي مع أجهزة إكلينيكية ناتج عن تمديدات فعالة (active) (ليست ليفية بصرية) مثل قنوات توزيع التمديدات تغييراً لمسار التمديدات. نفس الشيء ينطبق على أنظمة الهاتف الحديثة داخل المنشأة التي تكون في العادة ذات طبيعة رقمية. إن الخبرات في مستشفى الأطفال في تكساس تدعم أعمال الباحثين (ECRI, 1988) في استنتاج أن الغرف المحجبة نادراً ما تصحح المشاكل عندما يكون مصدر الإشعاع الكهرومغناطيسي متضمناً داخل البيئة المحلية. وفي حالات متطرفة فإنه يتوجب فك الغرفة المحجبة الموجودة أو أن يُنقل الجهاز الضحية (والقسم) إلى مكان آخر ضمن المؤسسة.

الوقاية Prevention

يجب أن تتضمن الوقاية المستدامة من التداخل الكهرومغناطيسي مطابقة على مدى المؤسسة مع التوجيهات guidelines ومع تلك السياسات الموضوعة في المؤسسة للحد من مصادر تداخل كهرومغناطيسي ممكنة، وأيضاً اختيار واستخدام أجهزة طبية تقدم مناعة أكثر فعالية ضد التداخل الكهرومغناطيسي. إن اتباع هذه السياسة الثنائية سيكون له التأثير المخفّض لمخاطر التداخل الكهرومغناطيسي إلى حد التشغيل المناسب للأجهزة الإكلينيكية ومن ثم تقليل المخاطر على المؤسسة. لقد أخذت الوقاية من التداخل الكهرومغناطيسي في مستشفى الأطفال في تكساس أشكالاً عديدة (David, 1993). لقد عرّف كتيب سياسات استباقية وإجراءات تحت توجيه قسم الهندسة الطبية الحيوية مصادر الإشعاع المسموح بها ضمن المؤسسة وأوجب إجراءات تدريبية لموظفي المؤسسة المطلوب منهم بضرورة عملهم حمل مصادر إشعاع كهرومغناطيسي (أي مشعات مقصودة). فمثلاً توجه إشارة signage مفروضة بكتيب السياسات الاستباقية والإجراءات بإقفال جميع الهواتف الخلوية. ولا يُسمح باستخدامها ضمن مجمع المؤسسة. يفرض كتيب السياسات الاستباقية والإجراءات أيضاً على جميع الموظفين الذين يستخدمون أجهزة راديوية، وبالأخص الأجهزة المسوكة باليد، أن يتدربوا على استخدامها الآمن ضمن المؤسسة. بالإضافة إلى ذلك تم تضمين نص في شروط البيع موافق عليه من البائعين يفرض أن تكون الأجهزة الإكلينيكية متوافقة مع التداخل الكهرومغناطيسي لتعريف الشروط التقنية التي يجب استيفاؤها في عقد الشراء.

تواريخ حالات

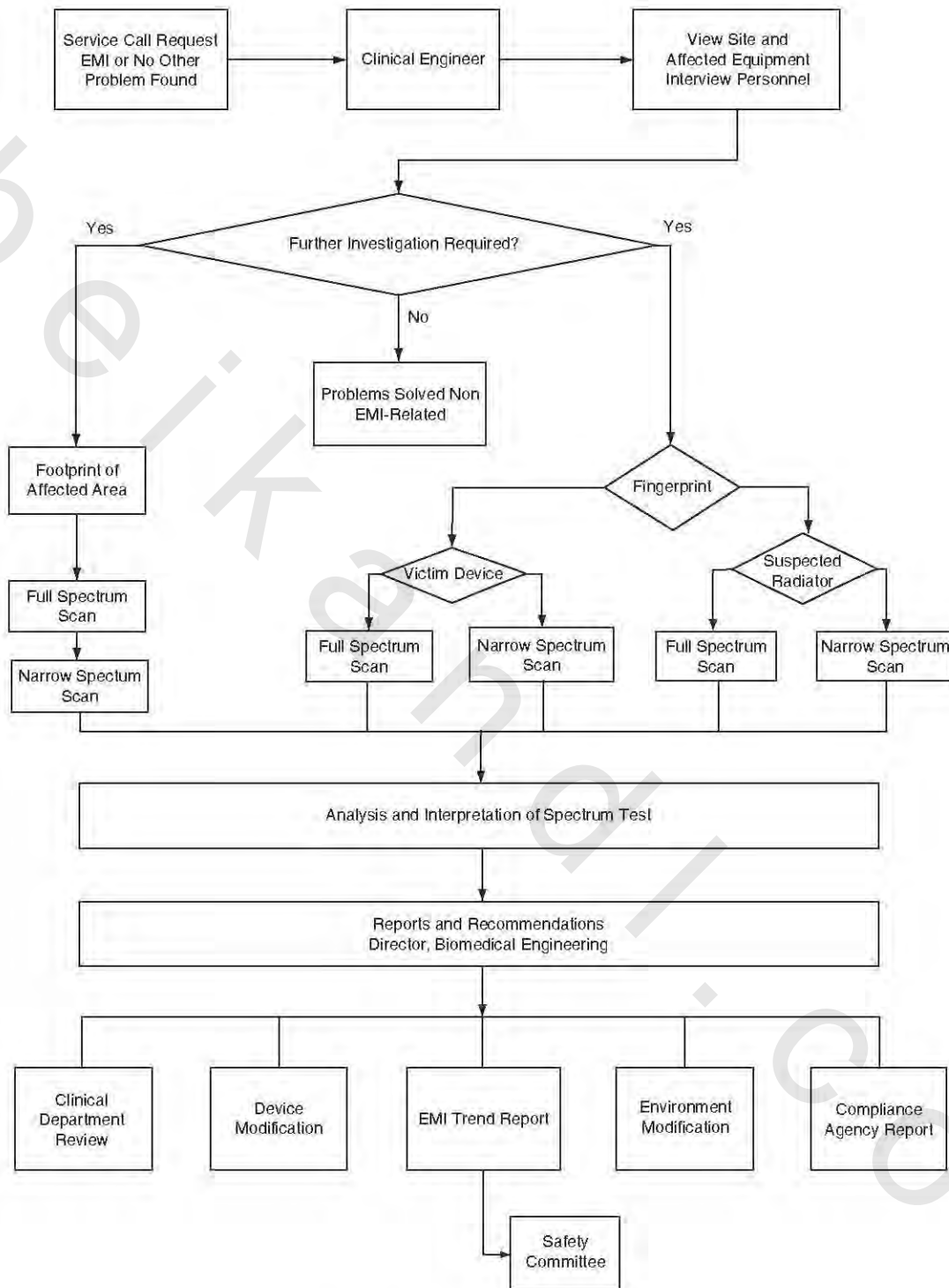
Case Histories

عكس الأدوار Role Reversal

حدث مثال غير عادي عندما تم تبادل أدوار حيث كان الضحية جهاز يبجر (يُعتبر عادة متهمًا) والمتهم جهاز مراقبة فيزيولوجي (مونيتور) (يُعتبر عادة ضحية). توقفت أجهزة البيجر عن استقبال النداءات في وحدة عناية مركزة قلبية وعائية. أثرت قياسات شدة الحقل واستجابات الموظفين وعمليات تحقيق أخرى قام بها المهندس الإكلينيكي عن سيناريو كان فيه بعض أجهزة البيجر غير قادر على استقبال النداءات عندما يكون بالقرب من نظام مراقبة عناية مركزة معروف جيداً.

تم مراجعة المواصفات القياسية والممارسات ذات الصلة بالاختبار في الموقع لوجود إشعاع كهرومغناطيسي. تم استخدام عملية موقع اختبار هوائي مفتوح (OATS) Open Antenna Test Site (ECRI, 1992) و (ECRI, 1988) كدليل للقياس (Bennett, 1993). فيما يخص الأجهزة فقد تم استخدام نظام قياس شدة حقل نوع Empire NF-105 (مستعار من قبل عضو كادر كان مهتماً سابقاً بقياسات التردد العالي في الموقع) كجهاز قياس. تم قياس خصائص المنطقة (أي بصمة القدم) في المنطقة ذات الاهتمام كما تم أيضاً قياس خصائص جهاز متهم تمثيلي (أي بصمة الإصبع). أوضحت قياسات شدة الحقل لوحدة تمثيلية لنظام المراقبة (المونيتور) وجود تردد راديوي غير مقصود قريب لتردد تشغيل نظام البيجر. وحالما تم تحديد مصدر التداخل الكهرومغناطيسي تم تقديم النتائج إلى المصنّع. لم تكن الاستجابة الابتدائية من الممثلين الإعلاميين للمصنّع مشجعة. قال خبير المصنّع للتداخل الكهرومغناطيسي أثناء المحادثة معه أن الحل هو زيادة الطاقة المشعة من أجهزة بث البيجر. تم صرف هذا الحل حالاً من الاعتبار لأن زيادة مستوى الطاقة الكهرومغناطيسية المشعة بشكل مقصود لمعاوضة تأثير إشعاع كهرومغناطيسي غير مقصود موجود سوف يزيد من احتمال المخاطرة على أجهزة إكلينيكية أخرى. و فقط عندما كان قسم الهندسة الطبية الحيوية مستعداً لإقناع قسم الزبائن بإلغاء أم الشراء للأجهزة الباقية اكتشف المصنّع تعديلاً للتقليل من شدة التداخل. لم يُزل هذا التعديل عند تركيبه جميع الإشعاع غير المقصود ولكنه خفّض مستوى الإشعاع الكهرومغناطيسي المتداخل بشكل كافٍ للتخلص من التداخل مع أجهزة البيجر. قام المصنّع مبدئياً بإعادة توزيع ونثر الطاقة المشعة إلى نقاط أخرى من الطيف مما قلل من المطال عند التردد الخاص بتشغيل البيجر.

كانت هذه الحادثة مقدمة مثيرة للأثار العملية لتوافقية الأجهزة (أو عدم توافقيتها) والتداخل الكهرومغناطيسي في البيئة الإكلينيكية. وعندما قام فني من قسم الهندسة الطبية الحيوية في مستشفى الأطفال في تكساس بتركيب التعديل المقدم من المصنّع تم أخذ بصمة إصبع الجهاز المعدّل مرة أخرى. لقد اختتمت هذه الحادثة بنجاح بحيث تم الحصول على نتيجتين مفيدتين تبادلياً: تم بيان مشاكل التداخل الكهرومغناطيسي ضمن المؤسسة بوضوح وبالرسم، وحصل المستشفى على منحة لشراء جهاز تحليل إشارة حديث.



الشكل رقم (٢، ٦٣). مخطط جريان لحل مشكلة تداخل كهرومغناطيسي.

مصدر غير عادي An Unusual Source

حدث "صيد أشباح" آخر عند واحد من المستشفيات الزبونة لدى قسم الهندسة الطبية الحيوية. بدأ القياس الطبي اللاسلكي عن بعد بشكل متقطع بإظهار ترميزات (كودات) أخطاء (أي فقدان بيانات). تم سؤال أعضاء الكادر بعناية. تم التأكد من الأزمنة التي حدث فيها التداخل. كشفت تفحصات إضافية أنه كانت تجري اختبارات قبول لنظام إنذار ضد الحريق تم تحديثه مؤخراً أثناء فترات التداخل. ولأن هذا سيكون مصدراً غير عادي للتداخل تم طلب التعاون من موظفي هندسة المنشأة وممثلي شركة الكشف عن الحريق. لم تعطِ الأسئلة المطروحة على مهندسي كشف الحريق مؤشرات مسبقة لتداخل. تم تركيب جهاز تحليل طيف ونظام هوائي عريض الحزمة في الموقع. أوضح جهاز تحليل الطيف وجود نبضات متكررة ولكنها ليست دورية مما يشير إلى أن المصدر كان يشع نبضة شبه عشوائية .quasi-random

تم بالتعاون مع موظفي إنذار الحريق وهندسة المنشأة عزل الدارات المتحكم بأجهزة الإنذار المختلفة وإغلاقها واحدة بعد أخرى. وعندما لم يتم الحصول على نتائج في الطابق المتأثر تم تنفيذ نفس عملية الإغلاق في الطابق الذي تحته. عندما تم إغلاق "المعلنين" - الوحدات السمعية البصرية التي تعطي إنذارات سمعية بصرية عن حريق - في الطابق الذي تحت المنطقة المتأثرة اختفت النبضة وآثار التداخل. كان الطابق الذي تحت المنطقة المتأثرة طابق منشأة ميكانيكية ولذلك ركبت شركة إنذار الحريق فيه وحدات سمعية بصرية مغذاة بطاقة مرتفعة. استخدمت هذه الوحدات السمعية البصرية أضواء نباضة. تبعث هذه الأجهزة عند الانفراغ نبضة سريعة الصعود قصيرة الأمد. كان هوائي القياس عند بعد يستقبل هذه النبضات. إلا أن المضخمات الأولية في الهوائيات وفي المستقبلات ذاتها لم تكن تصل إلى حد الإشباع أو انعدام التحسس بسبب هذه النبضات لأن النبضة كانت ذات فترة استمرار بالغة القصر. كانت النبضات تمر بسلام عبر أجزاء التردد العالي لنظام القياس عن بعد وتخرب بايتات bytes البيانات. ساهمت علب توصيل مفتوحة بأسلاك متدلية على شكل حلقات دائرية في إشعاع النبضات. تم حل المشكلة بالإغلاق الصحيح لعلب التوصيل واستبدال الأضواء النباضة بأجهزة ذات شدة أقل ضمن توجيهات كود الحريق fire code guidelines.

الوقاية من المخاطر Risk Prevention

إن ما يلي مثال عن كيف أن تطبيق أخذ بصمة القدم وبصمة الإصبع يمكن أن يمنع حادثة تداخل كهرومغناطيسي. اشترى قسم التصوير التشخيصي جهازاً جديداً للقياس عن بعد. كشف أخذ بصمة القدم عن أن مستوى الانبعاثات العرضية في هذا القسم كان تقريباً (٦٧) ميكرو فولت. أوضح أخذ بصمة إصبع لمُرسل قياس عن بعد تمثيلي أن مستوى الطاقة المرسل عند مسافة متر واحد المعيارية كان (١٢) ميكرو فولت فوق مستوى الخلفية.

كانت المخاطرة المعروفة هي أنه لم يكن هناك نسبة إشارة إلى ضجيج كافية لمنع فترات طويلة بشكل غير مسموح به لفقدان خرج إشارة غير مرئي. تم اختبار جهاز إرسال القياس عن بعد (أخذ بصمة الإصبع) تحت شروط متحكم بها عند مسافة ثابتة لا يمكن المحافظة عليها تحت شروط العالم الحقيقي. لا يُتوقع من مريض يرتدي جهاز إرسال قياس عن بعد أن يحافظ على مسافة المتر الواحد من الهوائيات المستقبلية. فبازدياد المسافة بين المريض والهوائيات المستقبلية تنحط الإشارة المستقبلية بسبب الشروط الطبوغرافية (مناسب الأرض) المختلفة وقانون التربيع العكسي. وبالمخطاط الإشارة ينحط مستوى البيانات المقبولة طبقاً لذلك. وإذا كان الانحطاط كبيراً فهناك فرصة لأن لا يكون باستطاعة نظام القياس عن بعد أن يتعرف على الحالة الطارئة إذا كان مريض ما في إجهاد قلبي.

تداخل من نوع آخر Interference of Another Type

لكن ليست جميع الأشباح سببها حقول كهرومغناطيسية مشعة أو منقولة. فمثلاً تم تلقي تقرير عن تداخل كهرومغناطيسي متقطع في جهاز تخطيط كهربية عضلات (EMG) في قسم المعالجة الطبيعية (الفيزيائية) في المستشفى. شعر القسم أن المتهم هو نظام التصوير بالرنين المغناطيسي (MRI) الذي يقع مباشرة فوق المنطقة التي تحتوي الجهاز الضحية. أظهرت القياسات أثناء أخذ بصمة القدم أكثر من الطيف العريض العادي الذي تستدعيه العمليات. كان جهاز أخذ بصمة الإصبع في هذا التطبيق مرتباً لقياس أية حقول كهرومغناطيسية مشعة عند تردد الطنين لجهاز الـ MRI قد تسرب من بيئة الغرفة المحجبة التي تحتوي على نظام الـ MRI. لم يتم كشف أي تسرب أثناء فترة امتدت لعدة ساعات. أظهر مسح طيف أوسع أن هذا القسم كان في موقع هادئ بشكل ملفت للنظر فيما يتعلق بطاقة التردد الراديوي.

قادت مقابلات إضافية مع الأطباء والكادر المهندسين الإكلينيكي إلى إجراء سلسلة من الاختبارات غير التقليدية إلى حد ما. كان الترشيح في جهاز الـ EMG موسعاً والأسلاك ملقاة خارجاً غير منتهية على المقعد الذي يوضع عليه المريض. لاحظ المهندس الإكلينيكي أثناء هذا الإجراء أنه عند تطبيق ضغط على وسادة المقعد فإن خط قاعدة جهاز الـ EMG يتغير بشكل متواتر. تم عمل العديد من إجراءات الضبط الإضافية لحساسية (ريح) الجهاز والقاعدة الزمنية. ظهر بعدها أن أي حركة في الجوار المباشر للجهاز تسبب هذا الانحراف في خط القاعدة. استنتج المهندس الإكلينيكي بناء على نتائج هذه الاختبارات وعلى فحص حدد تركيب مادة البيئة (وسادات من الفينيل vinyl) على المقعد وأرضية من الفينيل المغطى بالشمع) أن سبب التداخل مع الجهاز كان كهربائياً ساكناً (كهروستاتيكي) وليس كهرومغناطيسياً. إضافة إلى ذلك عُزي الظهور المتقطع للمشكلة إلى حقيقة أن حمامات العلاج المائي كانت على بعد بابين من غرفة الـ EMG. وتشغيلها المتقطع يرفع الرطوبة بما يكفي لتخفيض احتمال توليد شحنات كهربائية ساكنة قوية. لقد كان هذا بالتأكيد صيد أشباح من نوع آخر.

تداخل لا يسببه التداخل الكهرومغناطيسي Interference Not Caused by EMI

أحد الميول الحديثة ذات الصلة بالتداخل الكهرومغناطيسي هو قيام المصنّعين بتجسير مشاكلهم الفنية إلى التداخل الكهرومغناطيسي. بالرغم من أن التداخل الكهرومغناطيسي قد يلعب دوراً هاماً في المخطاط الأداء في بعض الأجهزة الإكلينيكية إلا أنه ليس دائماً السبب. أحد الأمثلة يتعلق بالأجهزة الشعاعية. أظهرت أفلام أشعة من واحد من مختبرات الأشعة تشويشاً artifact وُصف من قبل طبيب الأشعة كـ "خرايش دجاج" "chicken scratches". كان هذا التشويش يوجد بشكل أساسي أثناء عملية المفصل الصدغي - الفك السفلي Temporo-Mandibular Joint (TMJ) procedure. عُرِي هذا التشويش في البداية إلى تداخل كهرومغناطيسي إما منقول أو مُشع، وبشكل خاص تداخل كهرومغناطيسي منقول من خطوط التغذية بالطاقة. قاس استشاري خارجي الإشعاع من خطوط التغذية بالطاقة، ولكن لم يكن هناك مؤشر كافٍ إلى أن التشويش عائد إلى نظام الطاقة. تم بعد عدة شهور استدعاء قسم الهندسة الطبية الحيوية من أجل الاستشارة.

أشارت الفحوصات الأولية بما فيها توقيت التشويشات كما ظهرت على الفلم إلى درجة ما من التوافقية (التكرارية الزمنية). هذا أوحى بأن التداخل كان مقفولاً زمنياً (مُوقت / مُزامن) داخل نظام الأشعة. وبسبب خصائص التداخل كتوقيت (تردد) التداخل في علاقة مع معدل المسح فقد تم تصميم وبناء مسبار وتوليفه طنينياً ضمن مجال تردد الإشارة المتداخلة المشكوك فيها. تضمن فحص شامل للمنطقة المحيطة بجناح الأشعة سبراً للوحات الخدمة الكهربائية ثلاثية الأطوار التي تؤمن توزيع الطاقة إلى الجناح. لم يتم مواجهة طاقة كهرومغناطيسية مُشعة ذات مستويات عالية ضمن التردد ذي الاهتمام. بعد ذلك تم القيام بالفحص ضمن جناح الأشعة. بالرغم من السبر المركز لجميع الأجهزة ضمن الجناح بما فيها شاشات الفيديو وأنظمة التحكم وفحص النظام المتعلق بعملية المفصل الصدغي - الفك السفلي (TMJ) التي أكثر ما تظهر التشويشات أثناءها، إلا أنه لم يمكن أن يُعزى المصدر إلى تداخل كهرومغناطيسي.

تم وضع تقرير تفصيلي في ملف في قسم الأشعة. تم استدعاء ممثل المصنّع. بناء على النتائج غير المؤدية إلى قرار قام ممثل المصنّع سوية مع المهندس الإكلينيكي والفنيين من مجموعة الأشعة في قسم الهندسة الطبية الحيوية بإجراء تحليل أكبر في العمق للمشكلة. اكتشف الفاحصون أثناء التحليل شريطاً رابطاً مقفولاً ضمن رأس الكاميرا. بإعادة توصيل هذا الشريط تحسّن أداء النظام وخفض التشويش.

توضح هذه الحادثة أيضاً فوائد التعاون لحل مشاكل التداخل بغض النظر عن مصادر التداخل. كما أنها توضح أيضاً فعالية برنامج تداخل كهرومغناطيسي استباقي وكفؤ ومدعوم في البيئة الإكلينيكية. إن اللوم نادراً ما يخفف المخاطر.

التغيرية: توضيح المشكلة

Variability: A Demonstration of the Problem

تمثل التغيرية في علاقة الجهاز بتكرار السبب والتأثير (المتهم/الضحية) مشكلة عند وضع برامج استباقية مصممة لخفض المخاطر التي تُعزى إلى التداخل الكهرومغناطيسي بدعم من الإدارة.

طُلب إلى مجموعة الخدمات التلفزيونية في قسم الهندسة الطبية الحيوية بمستشفى تكساس للأطفال في هيوستون في عام ١٩٩٦م بناء على طلب التلفزيون التعليمي الياباني NHK أن يساهم في مقطع لبرنامج تعليمي حول مواضيع التداخل الكهرومغناطيسي في بيئة المستشفى. قررت إدارة المستشفى أن توضيح التداخل الكهرومغناطيسي باستعمال أجهزة طبية فعلية سوف يناسب أهداف البرنامج في توضيح تغيرية التأثيرات من مُشع مصدر عام (مشترك) على أجهزة إكلينيكية متماثلة.

استُخدم جهازا ديلزة (غسيل كلوي) من نفس الموديل ونفس المصنّع في التوضيح. تم تحت إشراف المهندس الإكلينيكي إعداد الجهازين بطريقة بحيث إن الملحقات والمعايير وأوضاع التمديدات ضمن الجهازين ومكان الجهازين ضمن منطقة التوضيح كانت كلها متماثلة ما أمكن.

تم وضع مصدر إشعاع مقصود في صيغة البث على مسافة متر واحد من الأجهزة الإكلينيكية. كان المصدر جهاز ووكي توكي walkie-talkie يُواجه عموماً في البيئة (حزمة التردد ١٥١.٦٢٥) ميغاهرتز، خرج الطاقة المقيس عند المرسل (٤) وات، مردود الهوائي ٤٠٪ تقريباً، تعديل التردد عند انحراف (٥) كيلو هرتز. أوضحت النتائج موضوع قابلية التأثير المتغيرة. فشل جهاز بشكل متكرر في ظرف غير كارثي بينما لم يتأثر الجهاز الآخر الموضوع بقربه.

تميل توضيحات مثل هذه مؤداة بناء على الطلب إلى دعم التقارير الكثيرة المروية ذات الصلة بالتداخل الكهرومغناطيسي والتي يتلقاها قسمنا يومياً من مؤسسات أخرى. وللأسف فإن كثيراً من حوادث التداخل الكهرومغناطيسي تضيع بسبب عدم كتابة تقارير عنها لعدم وجود برامج تلييها.

إن الطبيعة المتغيرة للاختلالات الوظيفية ذات الصلة بالتداخل الكهرومغناطيسي والمخاطر المرافقة تجعل من برنامج استباقي لتحديد التداخل الكهرومغناطيسي ومنهجية لخفض المخاطر أمراً إلزامياً. يستند برنامج فعال إلى تعاون جميع الفرقاء المتأثرين بشكل محتمل بالتداخل الكهرومغناطيسي: الكادر الطبي وهندسة المنشأة وخدمات المعلومات والهندسة الطبية الحيوية ومصنّعي الأجهزة. يجب أن يأخذ قسم الهندسة الإكلينيكية وموظفوه الخبيرة في التردد العالي المسؤولية وذلك بسبب المعرفة والخبرة المشعبتان بشكل كبير المطلوبتان لتنسيق كشف وتخفيف التداخل الكهرومغناطيسي.

يجب تطوير بروتوكول تشغيلي لتلبية مواضيع التداخل الكهرومغناطيسي (انظر الشكل رقم ٦٣,٥). فهذا يقدم هيكلية معرفة لمعالجة الطلبات لفحوصات التداخل الكهرومغناطيسي وهيكلية للمعالجة والإفادة بتقارير عن نتائج الفحوصات.

البرامج والإجراءات

Programs and Procedures

يُدخل الاختبار من أجل التوافق (التوافقية) الكهرومغناطيسي (EMC) في البيئة الإكلينيكية مجموعة من الشروط المعقدة التي لا تتم مواجهتها عادة في حالات مخبرية. ففي البيئة الإكلينيكية قد توجد مصادر تداخل كهرومغناطيسي مختلفة ذات تردد راديوي في أي مكان. إن عزل وتحليل التأثير من المصادر المختلفة للتداخل يستلزم مقارنة متعددة الاختصاصات مبنية على التدريب على والمعرفة عما يلي :

- تشغيل الأجهزة الطبية وقابلية تأثرها بالتداخل الكهرومغناطيسي.
 - أنماط انتشار الترددات الراديوية ونظرية التفاعل.
 - أنظمة وتقنيات تحليل الطيف (من الأفضل أن تكون بإمكانات تحليل توقيع) وهوائيات معايرة.
 - تأسيس منهجية لفحص مشاكل التداخل الكهرومغناطيسي المشكوك فيها تتضمن بروتوكولات ومعايير اختبار.
- تزيد إجراءات الاختبار المعيارية التي تتم ملاءمتها من أجل البيئة الإكلينيكية والموظفون المدربون في سلوك التردد الراديوي كلاهما من حظوظ الحد الاستباقي من التداخل الكهرومغناطيسي في البيئة الإكلينيكية مما يوفر بيئة رعاية مريض أكثر أمناً وفعالية. إن الطرائق المستخدمة في الإجراءات التالية عبارة عن تنوعات على تقنية الـ OATS : Open Antenna Test Site (CRI, 1992E) و (ECRI, 1988) التي هي عبارة عن معيار (مواصفة قياسية) لاختبار موقع مفتوح (Southwick, 1992) و (Bennett, 1993) و (ANSI, 1991) و (ANSI C63.4-1991 (ANSI, 1991)) و (ANSI C63.18-1997).

تأثر اختيار جهاز تحليل الطيف والخيارات المركبة فيه بعوامل عديدة. اعتبر جهاز تحليل الطيف من النوع الذي يختبر نظام الاتصالات مناسباً لأنه ليس هناك طريقة أفضل لتوضيح خصائص أجهزة تبعث بترددات راديوية (مقصودة أو عرضية) والبيئة التي تعمل فيها هذه الأجهزة. تشير الأجهزة ذات الحزمة العريضة إلى النشاط النسبي للترددات الراديوية ولكنها لا تشير إلى الترددات العاملة وأنواع التعديل. يؤثر كلا نوعي الخصائص مستقلاً أو بشكل مشترك على قابلية تأثر الأجهزة الكليينكية. يوضح الجدول رقم (٦٣,١)* جهاز الاختبار المستخدم من قبل قسم الهندسة الطبية الحيوية في مستشفى الأطفال في تكساس لاختبار التداخل الكهرومغناطيسي.

* ملاحظة المترجم: لا وجود لهذا الجدول في أصل الكتاب الإنكليزي ولذلك ليس له وجود هنا. لذا جرى التنويه.

كان هناك حاجة لجهاز تحليل اتصالات مبني على أساس رقمي من أجل أرشفة نتائج اختبارات التداخل الكهرومغناطيسي سواء كانت بصمات أصابع أو بصمات أقدام. لقد كانت مرونة متطلبات الأداء للجهاز أمراً مهماً، وكمساعدة في توفير التكاليف فقد استخدمها مستشفى الأطفال في تكساس للحفاظ على أنظمة الاتصالات الراديوية.

وبما أنه ليس هناك بيثنا OATS معدلتان متماثلتان فلن يكون هناك نتيجتان متماثلتان يتم الحصول عليهما تحت نفس معاملات (بارامترات) الاختبار. يؤثر كثير من العوامل على نتائج اختبار تفصيلية بما في ذلك المتغيرات المعقدة للامتصاص والانعكاس التي تعتمد كلياً على الموقع.

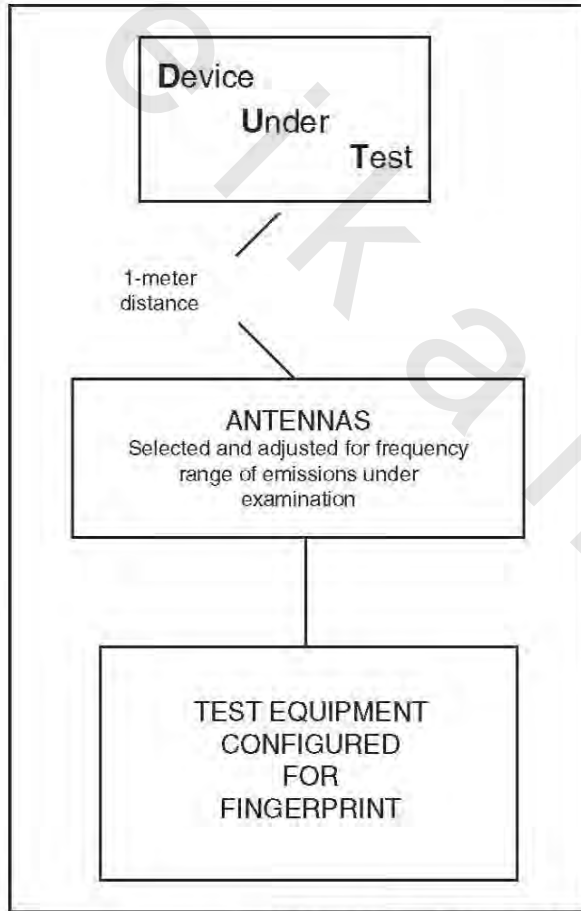
أخذ بصمة القدم Footprinting

لقد تطور برنامج اختبار التداخل الكهرومغناطيسي في مستشفى الأطفال في تكساس نتيجة سنوات من الخبرة والتحليل. هذا البرنامج ليس ساكناً (ستاتيكيًا)، فمصادر التداخل الكهرومغناطيسي وخصائص قابلية تأثر الأجهزة في تغير مستمر. تتم مراجعة الخطة وتعديلها دورياً لمكافحة تهديدات جديدة حال ظهورها. تستند التعديلات اللاحقة على الخطة والإجراءات إلى مراجعة مستمرة لتوجهات الصناعة اللاسلكية، وهي تمثل استجابة استباقية لتهديدات مستقبلية يتم إدراكها. يتألف البرنامج حالياً من الخطة العملية التي تم إيجازها آنفاً وثلاث سلاسل من الاختبارات: ١- تحديد خصائص المنطقة (أي أخذ بصمة القدم) (الشكل رقم ٦٣،٣)، و ٢- تحديد خصائص الجهاز (أي أخذ بصمة الإصبع) (الشكل رقم ٦٣،٤)، و ٣- اختبار قابلية تأثر خاص ad hoc طبقاً لتوجيهات الـ IEEE (Knudson and Bulkeley, 1994).

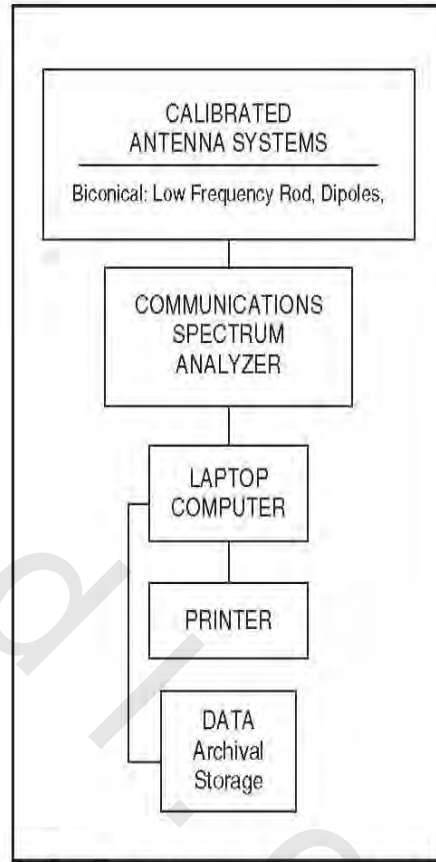
إن أخذ بصمة القدم لمنطقة ما يعني إجراء سلسلة من مسحات scans الطيف/المطال لإشعاع كهرومغناطيسي في منطقة معروفة أو معينة. إن أخذ بصمة القدم عبارة عن تقنية مستمرة تُعرف إشعاعاً كهرومغناطيسياً في مرفق إكلينيكي أو مرافق إكلينيكية في مجمع متعدد المباني. يتم أخذ بصمة القدم بناء على طلب من قسم يعاني من انخراط في أداء أجهزة إكلينيكية أو تشخيصية أو علاجية عندما يكون التداخل الكهرومغناطيسي هو المتهم. تتضمن العملية سلاسل من مسحات طيف بعرض (٢٠) ميغاهرتز تبدأ عند (٢) ميغاهرتز وتنتهي عند (١) غيغاهرتز مع هوائي (هوائيات) في المستوى الأفقي. تتم إعادة العملية مع الهوائي (الهوائيات) مُستَقْبَ عمودياً. يتم ضبط هوائيات معيارية قابلة للتوليف من أجل الطول الطنيني الصحيح للمركز لكل نافذة (٢٠) ميغاهرتز.

تعطي عملية أخذ بصمة القدم نتيجتين: نظرة عامة على الحقول الكهرومغناطيسية المشعة الموجودة في مكان محدد في البيئة ومطالات وأنواع انبعاث هذه الحقول. لقد كان العديد من التحقيقات في الحوادث ناجحاً باستخدام هذه المعلومات. في الحالات حيث كان التداخل الكهرومغناطيسي مصدره الموقع كان يتم إزالة المصدر وحل المشكلة.

هناك قيمة مضافة لأخذ بصمة القدم تكمن في أن البيانات التي يتم الحصول عليها أثناء العملية تستوفي المتطلبات الأساسية لأبحاث موقع مشابهة لعملية الـ OATS من أجل أخذ بصمة الإصبع لأجهزة مفردة. يتم نقل نتائج مسحات أخذ بصمة القدم إلى وسط تخزين وحفظها في ملف. تشكل هذه النتائج قاعدة بيانات للمقارنة يتم استخدامها لتقييم أجهزة جديدة قبل إدخالها إلى منطقة محددة.



الشكل رقم (٦٣، ٤). أخذ بصمة الإصبع.

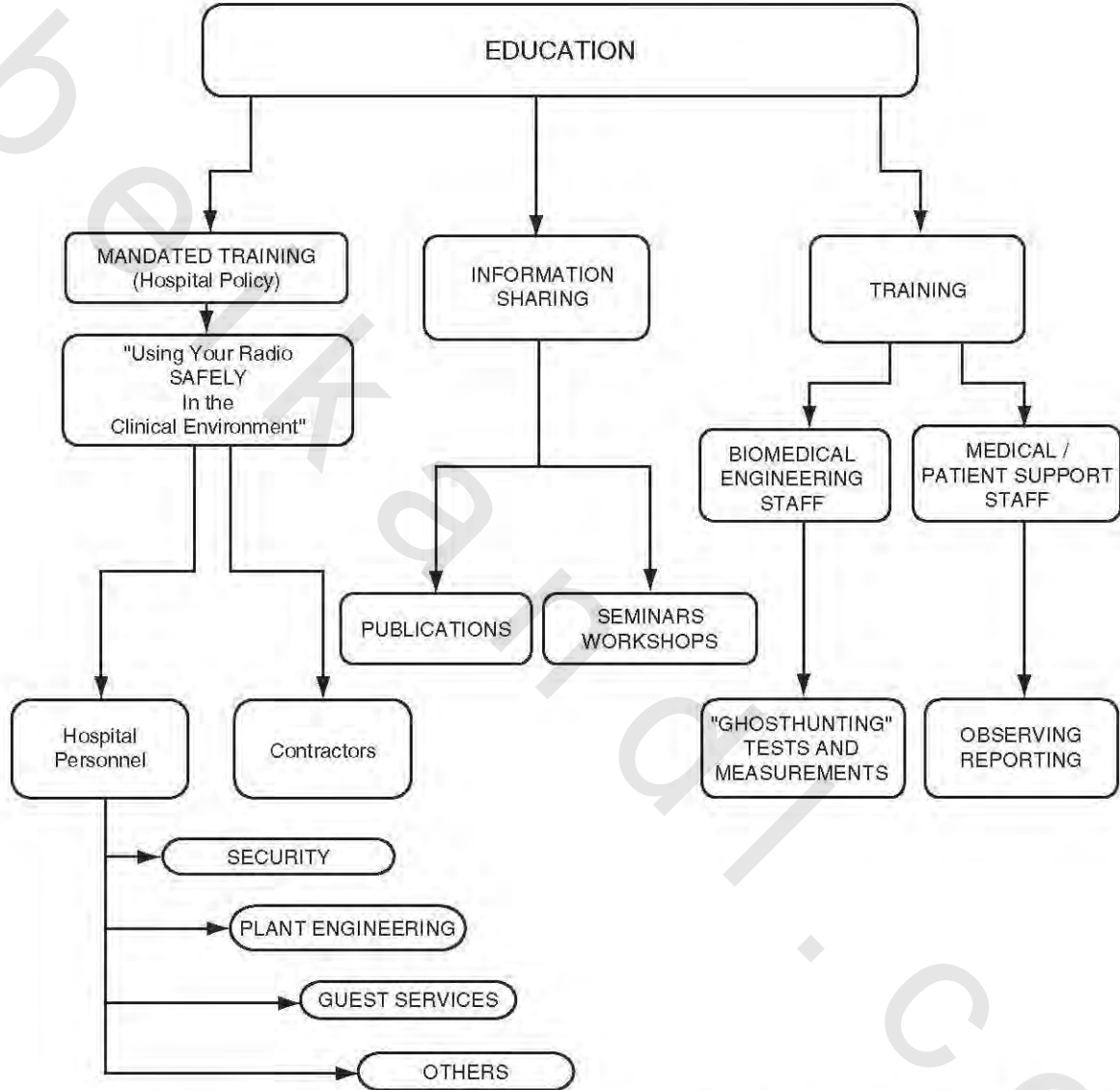


الشكل رقم (٦٣، ٣). تربية نموذجية لجهاز من أجل أخذ بصمة الإصبع وبصمة القدم.

أخذ بصمة الإصبع Fingerprinting

تتضمن عملية أخذ بصمة الإصبع عدة خطوات. ومرة ثانية، فإن جهاز تحليل الطيف ونظام الهوائي المعايير هما الأدوات الرئيسيتان المستخدمتان لتحليل الجهاز الذي تحت الاختبار (DUT) (انظر الشكل رقم ٦٣، ٤). ينبغي للمنطقة ضمن المنشأة الإكلينيكية الفيزيائية أن تُختبر باستخدام عملية أخذ بصمة القدم إلى أن يتم إيجاد منطقة هادئة

نسبياً، وذلك من أجل التقليل إلى الحد الأدنى من ضياع المعلومات من الجهاز الذي تحت الاختبار بسبب التقنيع masking بمصادر أخرى للإشعاع الكهرومغناطيسي.



الشكل رقم (٦٣،٥). مخطط جريان لبرنامج تعليمي في مستشفى حول التوافق والتداخل الكهرومغناطيسي ذوي الصلة بتكنولوجيا الأجهزة الطبية.

ومن أجل عملية أخذ بصمة الإصبع، وكما في عمليات أخذ بصمة القدم، فإنه ينبغي أن يتم وضع الهوائي المعياري أبعد ما يمكن عن أي مادة ناقلة. ينبغي أن يتم وضع الهوائي المعياري على ارتفاع مساوٍ لمركز الجهاز الذي

تحت الاختبار (DUT). وبسبب الحقول والترددات الكهرومغناطيسية المتغيرة باستمرار فإن تنفيذ عملية أخذ بصمة القدم في المنطقة المختارة يجب أن يتم مباشرة قبل أخذ بصمة الإصبع للجهاز الذي تحت الاختبار (DUT). يتم وضع الجهاز الذي تحت الاختبار (DUT) على حامل غير معدني موضوع أبعد ما يمكن عن أي مادة ناقلة حالما يتم الانتهاء من تخزين البيانات من بصمة الإصبع الأخيرة. يتم بعدها تركيب الهوائي (الهوائيات) على ثلاثي قوائم ويوضع في الصيغة المستقطبة أفقياً على بعد متر واحد من الوجه الأمامي للجهاز الذي تحت الاختبار (DUT). وكما في عملية أخذ بصمة القدم، فإنه يتم القيام بسلاسل من مسحات طيف بعرض (٢٠) ميغاهرتز ويتم تسجيل النتائج. يتم تكرار هذه العملية بهوائي (هوائيات) مستقطبة عمودياً. وعندما يتم استخدام هوائيات معيارية قابلة للتوليف فإنه يتم ضبطها على الطول الطيني الصحيح لمرز كل نافذة (٢٠) ميغاهرتز. وبناء على مراجعة البيانات المجمعة، فإنه ينبغي إعادة مسح أي انبعاثات تُعزى إلى الجهاز الذي تحت الاختبار (DUT). ومن أجل زيادة التفصيل في مجال التردد الذي تم فيه ملاحظة الانبعاثات فإنه يتم تضيق نافذة جهاز تحليل الطيف إلى عرض مسحة تبلغ (٢٠٠) كيلوهرتز لكل تقسيمة (200-KHz/division) أو أقل، مثلاً (٥) كيلوهرتز لكل تقسيمة (5-KHz/division).

يتم القيام باختبارات أخذ بصمة الإصبع لسبيين. الأول هو أن المطابقة مع سياسة المستشفى في اختبار القبول تقتضي أن يتم اختبار عينات تمثيلية لجميع الأجهزة قبل الدخول في البيئة الإكلينيكية لأول مرة. الثاني هو أن النظرية والخبرة كليهما أوضحا الحاجة لاختبار الأجهزة. إن جهازاً يشع بشكل غير مقصود يمكن أن يؤدي أجهزة أخرى. وقد يكون أيضاً عرضة للتأذي بالدخول في ترددات دخولها ومعاملات (بارامترات) تعديلها. يتم أخذ بصمة إصبع تلك الأجهزة الموجودة أصلاً في البيئة إذا كان هناك سبب للاعتقاد بأن لديها الإمكانية لأن تكون متهم أو ضحية تداخل كهرومغناطيسي.

يوضح الشكل رقم (٦٣.٢) العملية المستخدمة للبدء في وتتبع فحص تداخل كهرومغناطيسي. يُنصح أعضاء الكادر الإكلينيكي باستدعاء قسم الهندسة الطبية الحيوية ومجموعة خدمات التلفزيون في أي حالة اختلال وظيفي لجهاز غير قابلة لأن تُعزى إلى عطل روتيني. في حالات دخول جهاز جديد إلى البيئة الإكلينيكية لأول مرة أو تطبيق جديد لجهاز موجود فإنه يتم تقديم طلب لاختبار الجهاز من أجل المطابقة. يُوجّه هذا الطلب إلى المهندس الإكلينيكي المسؤول عن فحوص التداخل الكهرومغناطيسي. عندما يكون ممكناً أن تُعزى حادثة إلى تداخل كهرومغناطيسي فإن المهندس يقوم بزيارة الموقع كجزء من التحقيق الأولي. يتم مشاهدة واختبار الجهاز الضحية المحتمل لتقرير ما إذا كان تأثر أو متأثراً بتداخل كهرومغناطيسي. يجب إجراء مقابلات مع الموظفين المسؤولين عن المنطقة وعن تشغيل الجهاز (الأجهزة). يتم التوصل إلى قرار بخصوص الرغبة في أو جدوى تحقيق إضافي بناء على نتائج هذا التحقيق الأولي.

يُبنى القرار بالاستمرار بالتحقيق على عوامل عديدة: هل هناك احتمال كبير لخطأ مشغل؟ هل هذا حدوث نادر جداً؟ هل هذا إما جهاز قديم جداً ربما وصل إلى نهاية دورة حياته الموثوقة، أو جهاز جديد يعاني من موت مبكر في مرحلة الطفولة؟ تتم مراجعة تواريخ صيانة الجهاز كجزء من عملية التحقيق الأولي. يتعلق عنصر آخر بمراجعة الأجهزة المضافة إلى البيئة التي يمكن أن تكون قد زادت من الاستضافة الكلية للترددات الراديوية في المنطقة بما يكفي للتسبب بتداخل. تتم مراجعة سجلات بصمة القدم للمنطقة كما بصمات أصابع الجهاز (الأجهزة) الضحية.

إن نمط خطأ الجهاز (الجدول رقم ٦٣،٢)* جزء هام من التقييم. هل يعطي الجهاز الضحية إنذاراً؟ هل يعمل بشكل خاطئ؟ هل يغير معاملاته (بارامترات) التشغيلية إما بشكل مؤقت أو دائم؟ هل يقوم بالإغلاق shutting down؟ هل هناك تغير في الربط latching أدى إلى الإنذار؟ إن الإجابة على هذه الأسئلة يمكن أن تشير إلى الجهاز "المجرم" أو الأجهزة "المجربة". إذا كان يمكن لنمط الخطأ أن يُستنسخ وإذا كان يبدو أن الخطأ قد تسبب به مشع مقصود أو عرضي فإن الجهاز المتهم يمكن تحديده في العادة. فإذا كان ضمن البيئة الإكلينيكية فإنه يتم إسكاته أو إزالته. وفي كثير من الأحيان لا يكون هناك حاجة لتحقيق إضافي. يتم عمل تقرير بالحادث وحفظه في ملف. يتم إعطاء نسخة للقسم الذي بادر بطلب الخدمة. إذا اعتُقد أن ذلك ضروري، فيتم إعطاء نسخة لوكالة التقارير المناسبة مثل المركز للأجهزة والصحة الشعاعية التابع لإدارة الغذاء والدواء (FDA, CDRH).

إذا كان المطلوب عملية اختبار كاملة وكان هناك بصمة قدم حديثة للمنطقة موجودة فيتم أخذ مجموعة جديدة ومقارنتها مع المجموعة القديمة. يتم تدوين ملاحظات عن التغيرات في بيئة المنطقة وتحليلها. وهذه يتم أيضاً مقارنتها مع أي بصمات أصابع موجودة للجهاز الضحية. إذا لم يكن هناك بصمات أصابع موجودة للجهاز ضحية تمثيلي، أو عندما يبدي جهاز إشارات بأن مقدرته على مقاومة الدخول قد تكون موضع شك، فإنه يتم أخذ بصمة إصبعه. بعد أخذ بصمة قدم سريعة لمنطقة هادئة لضمان أنه لم تحدث تغيرات هامة في تلك البيئة، فإنه يمكن تحريك الجهاز الضحية إلى هذه المنطقة من أجل أخذ بصمة الإصبع إذا كان ذلك عملياً (الحجم والوزن يمكن أن يؤثر على موقع الاختبار).

وبشكل عام فإن عملية أخذ بصمة الإصبع تعتمد على الخصائص التشغيلية للجهاز. فمثلاً يتم اختبار مشعات مقصودة من أجل الانبعاث عند تردداتها التشغيلية وتعديلاتها وعند ترددات الهارمونييات (التوافقيات) الثانية والثالثة. يتم اختبار المشعات غير المقصودة (أي أجهزة متحكم بها بحاسوب صغري (ميكروبروسيسور)) من رُبع التردد الساعي clock frequency إلى (٣٠٠) ميغاهرتز. هناك استثناء لهذا التوجيه مثلما عندما تستمر انبعاثات قوية نسبياً حتى نقطة الـ (٣٠٠) ميغاهرتز. في هذه الحالات يتم الاستمرار بالقراءات حتى (١) غيغاهرتز. الهواتف

* ملاحظة المترجم: لا وجود لهذا الجدول في الكتاب والنص الإنكليزي الأصلي وبذلك هنا، ولذا جرى التنويه.

الخلوية الرقمية الجديدة (GSM) في الخدمة الآن. ينبغي للجيل الثالث (3G) من أجهزة الاتصالات اللاسلكية أن يكون في الخدمة في المستقبل القريب. ولقد تلقى قسم الهندسة الطبية الحيوية تقارير عن تداخل في أجهزة إكلينيكية من هواتف رقمية.

مع تقدم اختبارات بصمة الإصبع وبصمة القدم تتم مراجعة السجلات التي يقدمها جهاز تحليل الطيف. يتم تدوين أي انبعاثات ترددات راديوية تتجاوز قيمة محددة مسبقاً، خصوصاً الترددات التي ترتبط بسهولة مع مصادر إشعاع مقصود معروفة. يتم بعدها تضيق نافذة الملاحظة للحصول على دقة تمييز أكبر أو تضخيم للانبعاث ذي الاهتمام. وهذا يحدد بشكل خاص نوع التعديل للمشع المقصود. بعد إتمام سلاسل اختبارات أخذ بصمة القدم وبصمة الإصبع، يقوم المهندس الإكلينيكي والفني اللذان قاما بالاختبارات بتحليل النتائج وكتابة التقارير والتوصيات. تتم مناقشة هذه التقارير والتوصيات مع مدير الهندسة الطبية الحيوية ويتم تحليل ومراجعة حلول المشكلة.

ليس هناك دائماً حل مثالي لمشكلة تداخل. قد تساهم عوامل كثيرة في جعل جهاز ما ضحية، وبعضها لا يتم حله بسهولة أو بشكل عملي. فمثلاً، إذا ما تم حديثاً تركيب مرسل يبجر عالي الطاقة إضافي في مبنى مجاور فإن الطاقة الإضافية المشعة قد تؤثر على أجهزة لم تُبد من قبل ردود فعل ذات صلة بالتداخل الكهرومغناطيسي. ومن الناحية التاريخية، إذا ما رُكّب المرسل المرخص له على بناء ليس للمؤسسة سلطة عليه فإنه سيكون من الصعب إزالته. يتم ترخيص مثل هذه المرسلات من قبل لجنة الاتصالات الاتحادية Federal Communications Commission (FCC) وليس للجهاز الطبي حماية قانونية؛ إنه طريق باتجاه واحد (انظر الفصل (١٠٣)).

يُنصح بالتعديلات على البيئة إذا كانت عملية. هذا قد يتضمن تحجيب منطقة أو تغيير مكان جهاز ضمن منطقة. وإذا ما بدا أن تعديل جهاز طبي هو الحل الوحيد للمشكلة، فعندها يتم إعلام مصنع الجهاز بالمشكلة. يمكن لقسم الهندسة الطبية الحيوية أن يُعلم المصنّع وهو يفعل ذلك. التعديلات الخاصة ad hoc للأجهزة الطبية لتخفيف قابلية التأثير أو الدخول egress أمر غير صحيح وينبغي ألا تتم محاولة القيام بها. إن إجراء مثل هذه التعديلات سوف يكون في أغلب الحالات تعديلاً على القواعد الناطمة للـ FDA وسوف يزيد من مخاطر المؤسسة فيما يتعلق بالمسؤولية القانونية.

ملخص

Summary

بالرغم من المكاسب في الحماية الطيفية لبعض فئات أجهزة مراقبة المريض من خلال المواصفات القياسية، إلا أن البيئة الكهرومغناطيسية الكلية أصبحت معادية بشكل متزايد للتشغيل الآمن للأجهزة الإكلينيكية (انظر الفصل (١٠٣)). يتطلب تأسيس وصيانة بيئة آمنة لتشغيل الأجهزة الإكلينيكية مقارنة متعددة الاختصاصات. يجب أن يكون

هناك برنامج للتعليم يشمل الكادر والموظفين الفنيين والإكلينكيين والإداريين وكادر وموظفي الصيانة. يجب أن يكون هناك مهندس إكلينيكي ذا خبرة بالتردد الراديوي والتداخل الكهرومغناطيسي وأيضاً في أجهزة الاختبار والقياس المناسبة.

يجب تأسيس برنامج اختبار وتقييم استباقي يتضمن قياسات مستمرة للمنشأة وللأجهزة الواردة. يتم اختبار الأجهزة المصانة موضعياً spot-tested ، خصوصاً تلك التي أظهرت إمكانية لموجة كهرومغناطيسية ، بشكل دوري باستخدام طريقة بصمة الإصبع.

لقد أوضح هذا الفصل الحاجة إلى برنامج إدارة استباقي للتداخل الكهرومغناطيسي مصمم ليحد من الآثار الهدامة للتداخل الكهرومغناطيسي على الأجهزة الإكلينيكية. إن بعض أسباب التداخل الكهرومغناطيسي المذكورة سابقاً والطرق المستخدمة لاختبار البيئة والأجهزة التي فيها كليهما مبنية على أساس خبرات في مستشفى الأطفال في تكساس.

المراجع

References

- ANSI. American National Standard for Methods of Measurement of Radio-Noise Emissions from Low-Voltage Electrical and Electronic Equipment in the Range of 9 KHz to 40 GHz. C63.4. New York, American National Standards Institute, 1991.
- Bennett WS. Making OATS Measurements Reproducible from Site to Site. EMC Test & Design 4:34, 1993.
- CBS. Haywire. Eye-to-Eye with Connie Chung. CBS, December 1, 1994..
- US Government. CFR 47; Part 15.103 (c,e). Code of Federal Regulations of Telecommunications. Code of Federal Regulations, 1991.
- David Y. Safety and Risk Control Issues: Biomedical Systems. In Dorf RC (ed). The Electrical Engineering Handbook. Boca Raton, FL, CRC Press, 1993.
- ECRI. Patient-Owned Equipment. Health Devices 17:98, 1988.
- ECRI. Ventilators, High Frequency. Health Device Alert p. 2, December 18, 1992.
- ECRI. Guidance Article: Cellular Telephones and Radio Transmitters-Interface with Clinical Equipment. Health Devices 22(8,9):416, 1993.
- Knudson T, Bulkeley WM. Stray Signal, Clutter on Airwaves Can Block Workings of Medical Electronics. The Wall Street Journal, p. 1, June 15, 1994.
- Paperman WD, David Y, McKee KA. Electromagnetic Compatibility: Causes and Concerns in the Hospital Environment. ASHE Health care Facilities Management Series. Chicago, IL, ASHE, 1994.
- Southwick R. EMI Signal Measurements at Open Antenna Test Sites. EMC Test & Design 3:44, 1992.