كيف تعمل ماسحات بصمات الأصابع الضوئية؟



كيف تعمل الماسحات الضوئية لبصمات الأصابع؟

كانت الماسحات الضوئية الإلكترونية لبصمات الأصابع وعلى مدى عقودٍ إحدى العناصر الأساسية لأفلام وقصص التجسس والأمن. أما في الواقع وحتى وقتٍ قريبٍ فكانت هذه الماسحات بمثابة تكنولوجيا غير مألوفةٍ.

إلا إنها وفي السنوات القليلة الماضية بدأت بالظهور في أماكن عديدةٍ كمراكز الشرطة والأبنية ذات نظم الحماية المشددة وكذلك في لوحات مفاتيح الحواسيب الشخصية، حيث بإمكانك شراء ماسحٍ ضوئيٍّ شخصيٍّ لبصمة الأصابع يعمل بوصلة يو أس بي **USB** لا يتعدى سعره المئة دولارٍ ليصبح بذلك قادرًا على حماية حاسوبك باستخدام تقنيةٍ بيومتريةٍ **biometrics** متطورةٍ، فبدلًا من استخدام كلمة السر

(أو بالإضافة إلى استخدامها) أنت بحاجةٍ إلى استخدام بصمة الإصبع الخاصّة بك لتتمكن من الدخول.

سوف نتعرف في هذا المقال على أسرار هذا الابتكار الرائع ودوره في تنفيذ القانون ونظام إثبات الشخصية الأمني. كما سنرى كيف استطاع ماسح البصمات أنْ يحلَ محل كلمات السر وأنظمة بطاقات الهوية التقليدية التي سنعرف الكثير عن إمكانية فشلها بالعمل.

أساسيات بصمات الأصابع

تعمل بصمات الأصبع عمل البطاقات الشخصية التي تسهّل تمييز كلّ إنسان عن غيره، ولكن كيف يحصل الإنسان على تلك البطاقة الفريدة؟

يتمتع البشر بوجود خطوطٍ وأخاديد صغيرةٍ جدًّا منقوشةٍ على سطح جلد الإصبع كانت وما زالت ذات فائدةٍ كبيرةٍ بالنسبة للجنس البشري. تمكِنُ هذه الأنماطُ من الخطوط والأخاديد من الإمساك بسهولةٍ بالأشياء وهي تشبه إلى حدٍّ بعيدٍ عمل الخطوط والتعاريج الموجودة على أسطح إطارات السيارة والتي تساهم في تحقيق الثبات أثناء القيادة.

أما الوظيفة الأخرى لبصمات الأصابع فقد كان اكتشافها محض صدفةٍ. تشكّلت الخطوط المنقوشة على سطح الجلد من خلال مزيجٍ من العوامل الوراثية والبيئية كما هو الحال مع بقية أجزاء الجسم. فالشفرة الوراثية الموجودة في الحمض النووي تعطي أوامر عامةً عن الكيفية التي يجب أن يتشكّلَ بها الجلدُ خلال حياة الجنين في رحم أمه. فوضع الجنين داخل الرحم في لحظةٍ معيّنةٍ إضافةً إلى كثافة وتركيب السائل الأمنيوني **amniotic fluid** الذي يحيط بالجنين هي التي تحدّد شكل تلك الخطوط والنقوش.

بالإضافة لعددٍ لا يُحصى من الأشياء التي تتحكّم بالتركيب الجيني الخاص بك منذ بداية التكوين، هناك أيضًا عددٌ لا يُحصى من العوامل البيئية التي تؤثر على شكل الأصابع على غرار الأحوال الجوية المسؤولة عن تكوين السحب أو تشكيل شواطئ البحار فإنّ هذه العملية برمتها تُعتبر عمليةً غير مفهومةٍ حيث لم تحدث أيّة فرصة على مدى التاريخ البشري بتكرار نفس النمط مرتين. وعليه تُعتبر بصمات الأصابع علامةً فارقةً لكلّ شخصٍ حتى بالنسبة للتوائم المتطابقة.

فبينما قد يبدو للوهلة الأولى وجود تطابق بين بصمتين فإنّ بإمكان الخبراء وبرامج الحاسوب المتقدمة اكتشاف وجود اختلافاتٍ واضحةٍ تميّز كلّ بصمةٍ عن الأخرى. هذه هي الفكرة الأساسية في تحليل بصمات الأصابع سواءً في التحقيق بالجرائم أو في مجال الأمن. فوظيفة ماسح بصمات الأصابع الضوئي هي القيام بعمل المحلل البشري المتمثّل بأخذ عينةٍ لطبعة البصمة ومن ثم مقارنتها بمجموعة العينات المخزونة.

في السياق التالي سنتعرف عن كيفية عمل الماسح.

الماسح الضوئي

لدى نظام الماسح الضوئي لبصمات الأصابع وظيفتان رئيسيتان أولهما القيام بأخذ صورةٍ للإصبع ومن ثم القيام بتحديد ما إذا كان نمط الخطوط والأخاديد الموجود على سطح الإصبع في هذه الصورة مطابقًا لنمط إحدى الصور المخزنة داخل الجهاز.

هناك العديد من الطرق لالتقاط صورةٍ لبصمة الإصبع إلا إن أكثر الطرق شيوعًا اليوم هي التي تتم عن طريق ما يُسمّى بالمسح الضوئي **optical scanning** والمسح بطريقة المكثف **capacitance scanning**. ففي كلتا الطريقتين نستطيع الحصول على نفس النوع من

الصور ولكن آلية تحقيق هذا الأمر مختلفةٌ كليًّا بينهما.

إن داخل ماسح البصمات الضوئي عبارةٌ عن جهازٍ يُسمّى **CCD** (**charged couple device**) وهو نفس نظام الاستشعار الضوئي المستخدَم في الكاميرات الرقمية وكاميرات الفيديو وهذا الجهاز عبارةٌ عن مصفوفةٍ مكونةٍ من دايودات **diodes** تتحسس الضوء تُسمّى فوتوسايتس **photosites** لها القدرة على توليد إشاراتٍ كهربائيةٍ كاستجابةٍ لوحدات الضوء.

وظيفة كلّ واحدةٍ من هذه الفوتوسايتس هو القيام بتسجيل بيكسيل **pixel** واحدٍ وهو نقطةٌ صغيرةٌ تمثل الضوء الذي يصيب تلك البقعة. جميع تلك النقاط **pixels** بألوانها الفاتحة والغامقة تشكل صورة للمقطع الذي أُخِذت صورةٌ له وهو الإصبع على سبيل المثال. يقوم محول النظام التماثلي إلى نظامٍ رقميٍّ في نظام الماسح الضوئي بمعالجة الإشارة الكهربائية التماثلية لتوليد تمثيل رقمي لهذه الصورة.

تبدأ عملية المسح عندما تضع إصبعك على السطح الزجاجي حيث تقوم كاميرا الـ **CCD** بأخذ صورةٍ لبصمة الإصبع حيث يمتلك الماسح مصدر ضوءٍ خاصٍّ به هو عبارةٌ عن مجموعةٍ من الدايودات الباعثة للضوء وظيفتها تسليط الضوء على جميع النقوش والتعرجات الموجودة بالإصبع. في الحقيقة إن نظام الـ **CCD** يقوم بتوليد صورةٍ مقلوبةٍ للإصبع تمثّل المساحات الغامقة أو المعتمة فيها الضوء المنعكس لنتوءات الإصبع أما المساحات الأفتح فتمثل الضوء الأقل انعكاسًا وهي الأخاديد بين هذه النتوءات.

قبل القيام بالمقارنة بين طبعة الإصبع والبيانات المخزنة في الجهاز تقوم وحدة المعالجة في الماسح الضوئي بالتأكد من إن جهاز الـ **CCD** قام بالتقاط صورةٍ واضحةٍ للإصبع ويحدث ذلك عبر التحقق من معدّل الظلمة أو القيم الإجمالية الموجودة داخل عينةٍ صغيرةٍ من الصورة ورفض عملية المسح في حال كانت إضاءة الصورة قوية جدًا أو ضعيفة جدًا. في حال رُفضت الصورة يقوم الماسح الضوئي بإعادة ضبط مستوى الإضاءة من خلال السماح بدخول كميةٍ أقل أو أكثر من الضوء ومن ثم البدء بعملية المسح مرةً أخرى.

في حال كانت كمية الإضاءة كافيةً يقوم الماسح الضوئي بعدها بالتحقق من تعيين الصورة أي التأكد من مدى دقة الصورة ثم تقوم وحدة المعالجة بمتابعة الخطوط المستقيمة الممتدة أفقيًا وعموديًا فوق الصورة. في حال كان تعيين صورة الإصبع جيدة يُرسم خطٌ مستمرٌ متعامدٌ مع نتوءات الإصبع يتألف من مقاطع متناوبةٍ للنقاط المعتمة والنقاط الفاتحة.

في حال وجدت وحدةُ المعالجة أنّ الصورة واضحةٌ ومكشوفةٌ للضوء بشكلٍ ملائمٍ سيقوم عندها بالمقارنة بين صورة البصمة تلك وصور البصمات المخزّنة داخل الجهاز.

سنلقي نظرةً على تفاصيل هذه العملية لاحقًا لكن دعونا في البداية نلقي الضوء على النوع الثاني الشائع من أجهزة مسح البصمات وهي أجهزة المسح عن طريق التكثيف.

المسح بطريقة التكثيف

يقوم الماسح بطريقة التكثيف كما في الماسح الضوئي بأخذ صورةٍ لبصمة الإصبع تحوي على الخطوط والأخاديد التي تشكّل بصمة الإصبع ولكن بدلًا من استشعار الصورة باستخدام الضوء يُستخدَم التيار الكهربائي لهذا الغرض.

يوضح المخطط التالي جهاز استشعارٍ سعويًّا يتكون من واحدة أو أكثر من الرقائق شبه الموصلة التي تتكون بدورها من مجموعة خلايا صغيرة، كلّ خليةٍ من هذه الخلايا تحوي زوجًا من الألواح الموصّلة المطلية بطبقةٍ عازلةٍ حيث يكون حجم هذه الخلايا صغيرًا جدًّا وهي أصغر من عرض حافةٍ واحدةٍ من تلك الموجودة على سطح الإصبع.

يتصل جهاز الاستشعار بما يُسمّى الموحّد **integrator** وهو عبارةٌ عن دارةٍ كهربائيةٍ تتصل بجهازٍ يُسمّى المُضخِّم التشغيلي العاكس **inverting operational amplifier**هذا المُضخِّم هو في الحقيقة عبارةٌ عن جهازٍ شبه موصّلٍ معقّد التركيب يتكوّن من عددٍ من الترانزستورات والمقاومات والمتسعات. سنحاول في هذه المقالة البقاء بعيدًا عن التفاصيل الدقيقة لعمل هذا المُضخِّم والاقتصار على فهم دوره في عمل الماسح بطريقة المكثّف.

مثل أيّ جهاز تضخيمٍ آخر يقوم هذا المُضخِّم بتغيير تيارٍ واحدٍ اعتمادًا على التقلّبات التي تحصل في تيارٍ آخر يقوم المُضخِّم على وجه التحديد بتغيير الفولتية الداخلة حيث يعتمد هذا التغيير على الفولتية النسبية لاثنين من المدخلات هما الطرف العاكس**inverting terminal** والطرف غير العاكس **non-inverting terminal**.

يوصَل الطرف غير العاكس في هذه الحالة إلى الأرض بينما يوصل الطرف العاكس إلى مصدر توليد جهدٍ مرجعيٍّ **reference voltage supply** وحلقة تغذية راجعةٍ **feedback loop** حيث تحوي حلقة التغذية الراجعة التي ترتبط بدورها هي أيضًا مع مخرج المُضخِّم على لوحَي توصيل. وكما هو ملاحظ في المخطط أعلاه فإنّ لوحَي التوصيل يشكّلان المتسعة الأساسية وهي قطعةٌ كهربائيةٌ لها القدرة على خزن الشحنة الكهربائية.

يكون سطح أصبع اليد كما لو كان عبارةً عن لوح متسعةٍ ثالثةٍ مفصولةٍ بالطبقات العازلة الموجودة داخل جسم الخلية أما في حال الأخاديد الموجودة في بصمة الأصبع فإن سطح الإصبع سيكون بمثابة جيبًا هوائيًا.

يؤدي تغيير المسافة الفاصلة بين ألواح المتسعة (هذا التغيير يحدث من خلال تحريك الإصبع قريبًا أو بعيدًا من الألواح ذات التوصيل) إلى تغيير السعة الإجمالية (القدرة على خزن الشحنة الكهربائية) الخاصة بالمتسعة ومن خلال ذلك تستطيع المتسعة التي تقابل إحدى الخطوط البارزة الحصول على قدرةٍ استيعابيةٍ أكبر بالمقارنة مع المتسعة التي تقابل إحدى الأخاديد على سطح الإصبع. لغرض أخذ بصمة للإصبع تقوم وحدة المعالجة أولًا بإغلاق مفتاح تشغيل كلّ خليةٍ والتي بدورها تقطع التيار الداخل والخارج من المُضخِّم والغرض من ذلك هو تحقيق توازن في دائرة المتسعة.

وعند تشغيل المفتاح من جديد وقيام وحدة المعالجة بتطبيق شحنةٍ ثابتةٍ على دائرة المتسعة تُشحن المتسعات، تؤثر سعة متسعة دائرة التغذية الراجعة على فولتية المُضخِّم الداخلة التي بدورها تؤثر على فولتية المُضخِّم الخارجة وبما أن المسافة الواصلة إلى الإصبع لها تأثيرٌ على السعة فإن الفولتية الخارجة الناتجة عن الخطوط البارزة في الإصبع ستختلف عن الفولتية الخارجة الناتجة عن أخاديد الإصبع.

تقوم وحدة المعالجة داخل الماسحة بقراءة مقدار الفولتية الخارجة وتحديد فيما إذا كانت هذه الفولتية هي بتأثير الخطوط البارزة في الإصبع أم بتأثير الأخاديد ومن خلال قراءة كلّ خليةٍ في مصفوفة جهاز الاستشعار تستطيع وحدة المعالجة تكوين صورةٍ شاملةٍ عن بصمة الإصبع على غرار تلك التي أُخِذت بواسطة الماسح الضوئي.

الميزة الأساسية للماسح بطريقة التكثيف هو أنه يحتاج إلى الشكل الحقيقي لبصمة الإصبع بدلًا من الاعتماد على خاصية الغامق والفاتح التي تتولد نتيجة الأخاديد في بصمة الإصبع. هذه الطريقة تجعل الاحتيال على أنظمة الحماية من هذا النوع صعبًا، علاوةً على ذلك وبما أنها تستخدم رقائق شبه موصلةٍ بدلًا من كاميرات الـ **CCD** المستخدمة في الماسحات الضوئية يميل الماسح بطريقة المكثف إلى أن يكون اصغر حجمًا بالمقارنة مع الأجهزة الضوئية.

التحليل

في البرامج التلفزيونية والأفلام تقوم أجهزة التحليل الآلية لبصمات الأصابع بتركيب صورٍ لمختلف البصمات المخزنة في الجهاز بحثًا عن صورةٍ مطابقةٍ لصورة البصمة التي أُدخِلت.

في الواقع فإن هذه الطريقة ليست الطريقة العمليّة للقيام بالمقارنة بين بصمات الأصابع فوجود بعض الأوساخ على الصورة قد يجعل صورتين لنفس البصمة تبدوان كأنهما مختلفتان مما يجعل من الصعب إيجاد صورة مطابقة تماماً إضافةً إلى ذلك فإنّ استخدام كامل صورة البصمة في تحليل البصمات يؤدي إلى استهلاك الكثير من الطاقة في عملية المعالجة كما أنه يُسهِل سرقة البيانات من قبل أحد الأشخاص.

وبدلاً من ذلك تقوم معظم أجهزة مسح البصمات بمقارنة خصائص معينة لبصمة الإصبع يطلق عليها بشكل عام تسمية البصمة الدقيقة **minutiae**. يقوم البشر وبرامج الفحص الحاسوبية بالتركيز على النقاط التي تنتهي عندها الخطوط البارزة للإصبع أو التي تنقسم عندها إحدى تلك الخطوط البارزة إلى تشعّبَين **bifurcations**. يُطلق أحيانًا على تلك الصفات وغيرها من الصفات المميزة اسم تيبكا **typica**.

يستخدِم برنامج ماسح البصمات خوارزمياتٍ معقّدةً للغاية لغرض التعرّف على البصمة الدقيقة للإصبع وتحليلها.

إن الفكرة الأساسية فيها أنها تقوم بحساب المواضع النسبية للبصمة الدقيقة بطرقةٍ مشابهةٍ لتلك الطريقة التي تستخدمها أنت لتمييز مناطق مختلفةٍ في السماء من خلال المواقع النسبية للنجوم حيث كل ما عليك هو النظر إلى الأشكال التي تقوم البصمة الدقيقة بتكوينها حين تقوم برسم خطوطٍ مستقيمةٍ تربط بينها. في حال كان لاثنين من الصور ثلاثة نهايات خطوطٍ بارزةٍ واثنين من التشعبات مكونةً بذلك نفس الشكل ونفس الأبعاد فهناك احتماليةٌ كبيرةٌ بأن هاتين الصورتين تعودان لنفس البصمة.

للحصول على مطابقةٍ بين صورة البصمة والصور المخزونة ليس من الضروري قيام الماسح بالبحث عن كامل نمط البصمة الدقيقة سواءً في العينة المأخوذة أو في الصورة المخزنة داخل الجهاز وبدلًا من ذلك يقوم الماسح ببساطةٍ بالبحث عن عددٍ كافٍ من خطوط البصمة الدقيقة والتي تشترك فيها الصورتان. مع هذا فإن العدد النهائي لتلك الخطوط يختلف باختلاف البرنامج المستخدم من قبل ماسحة البصمة.

الإيجابيات والسلبيات

هناك العديد من الطرق التي تستطيع من خلالها أنظمة الأمان التحقق من الأشخاص المرخص لهم. ولتحقيق ذلك فإن معظم الأنظمة تبحث عن واحدٍ أو أكثر من هذه الأشياء:

- ما الذي لديك
- ماذا تعرف
- من أنت

للمرور عبر الاختبار الأول فأنت بحاجةٍ لشيءٍ معيّنٍ مثل بطاقة الهوية ذات الشريط المغناطيسي. بينما يتطلّب المرور عبر الاختبار الثاني أن تقوم بإدخال كلمة مرور أو رقم **PIN**. بالنسبة للاختبار الثالث فإن النظام في الحقيقة يبحث عن دليلٍ ماديٍّ على أنك نفس الشخص الذي تدّعيه وهو في هذه الحالة يسأل عن بصمة الإصبع أو بصمة الصوت أو نمط قزحية العين.

تمتلك أنظمة الحماية التي تعتمد على النوع الثالث من الاختبارات مثل أجهزة ماسح بصمات الأصابع عددًا من المزايا مقارنةً مع أنظمةٍ

أخرى، فعلى سبيل المثال لا الحصر:

- تزوير المعالم الجسدية للشخص أصعب بكثيرٍ من تزوير بطاقة التعريف.
- لا يمكن تخمين نمط بصمة الأصبع كما هو الحال مع كلمة المرور.
- لا وجود للخطأ في موقع بصمة الإصبع أو قزحية العين أو نبرة الصوت كما في بطاقة المرور.
- استحالة نسيان شكل بصمة إصبع بينما في كلمة المرور فهو أمرٌ شائعٌ.

ورغم كفاءتها الظاهرة للعيان إلا أنها لا تخلو من الأخطاء وفيها عيوبٌ كبيرةٌ. فالماسحات الضوئية ليست قادرةً دائمًا على التمييز بين صورة الإصبع والإصبع نفسه كما يمكن خداع الماسح بطريقة المكثف في بعض الأحيان لو استُعمِل قالبٌ لإصبع شخص آخر. في حال لو استطاع أحد الأشخاص الوصول إلى صورٍ مخزنةٍ لبصمات أصابع أشخاصٍ مخوّلين فبإمكان ذلك الشخص أن يقوم بخداع ماسح البصمات.

وفي أسوء الأحوال يمكن لأحد المجرمين أن يقوم بقطع إصبع أحد الأشخاص المخولين لكي يستطيع تجاوز نظام الأمان الذي يمثّله ماسح البصمة. بعض الماسحات تمتلك أجهزة استشعارٍ إضافية للنبض والحرارة هدفها التحقق من أن الإصبع المستخدم هو إصبعٌ حقيقيٌّ في حال لو استُخدِم قالبٌ معيّنٌ أو رقم مقطع. ومع ذلك يبقى بالإمكان خداع هذه الأنظمة عن طريق استخدام قالب بصمة جيلاتيني يوضع فوق الإصبع الحقيقي.

من أجل أن تكونَ هذه الأنظمة جديرةً بالثقة بشكلٍ أكبر فمن الجيّد أن يُجمع بين طرق التحليل البايومتري مع الوسائل التقليدية للتعرّف على الشخصية مثل كلمات المرور (كما هو الحال مع أجهزة الصراف الآلي التي يتطلب استخدامها إدخال بطاقة مصرفية مع رمز **PIN**). تكمن المشكلة الحقيقية مع أنظمة الأمان البيومترية في مدى الضرر الحاصل عندما يقوم شخصٌ ما بسرقة معلومات الهوية **ATM**.

ففي حال فقدانك البطاقة الائتمانية الخاصة بك أو إخبارك شخصٍ بشكلٍ غير مقصودٍ عن رقم الـ **PIN** السري الخاص بك فكلّ ما عليك حينئذٍ هو أن تقوم بالحصول على بطاقةٍ جديدةٍ أو تغيير الرمز الخاص بك، ولكن في حال قام أحد الأشخاص بسرقة بصمة إصبعك الخاصة فستعيش حالةً من القلق لبقية حياتك حيث لن يكون بمقدورك استخدام بصمة إصبعك على أنها وسيلةٌ تعريفيةٌ خاصةٌ بك حتى تصبح متأكدًا تمامًا أنه دمِّرت جميع النسخ الخاصة ولن توجد وسيلةٌ للحصول على بصمات أصابع جديدةٍ.

إلا انه حتى مع وجود هذا العيب الكبير تبقى ماسحات بصمات الأصابع والأجهزة البايومترية وسيلةً ممتازةً للتحقّق من الهوية حيث ستصبح على الأرجح في المستقبل جزءًا لا يتجزأ من الاستعمال اليومي للأشخاص تمامًا مثلما هي اليوم المفاتيح وبطاقات الصرّاف الآلي وكلمات المرور.

- التاريخ: 2018-07-19
- التصنيف: كيف تعمل الأشياء؟

#فوتوسايتس #كاميرا CCD #البصمة الدقيقة #تيبكا #أنظمة الأمان البيومترية

المصطلحات

- **الأيونات أو الشوارد (Ions)**: الأيون أو الشاردة هو عبارة عن ذرة تم تجريدها من الكترون أو أكثر، مما يُعطيها شحنة

موجبة.وتسمى أيوناً موجباً، وقد تكون ذرة اكتسبت الكتروناً أو أكثر فتصبح ذات شحنة سالبة وتسمى أيوناً سالباً

المصادر

- howstuffworks
- الصورة

المساهمون

- ترجمة
  - محمد زهير الطائي
- مُراجعة
  - كرار زيني
- تحرير
  - رأفت فياض
- تصميم
  - رنيم ديب
- نشر
  - بيان فيصل