

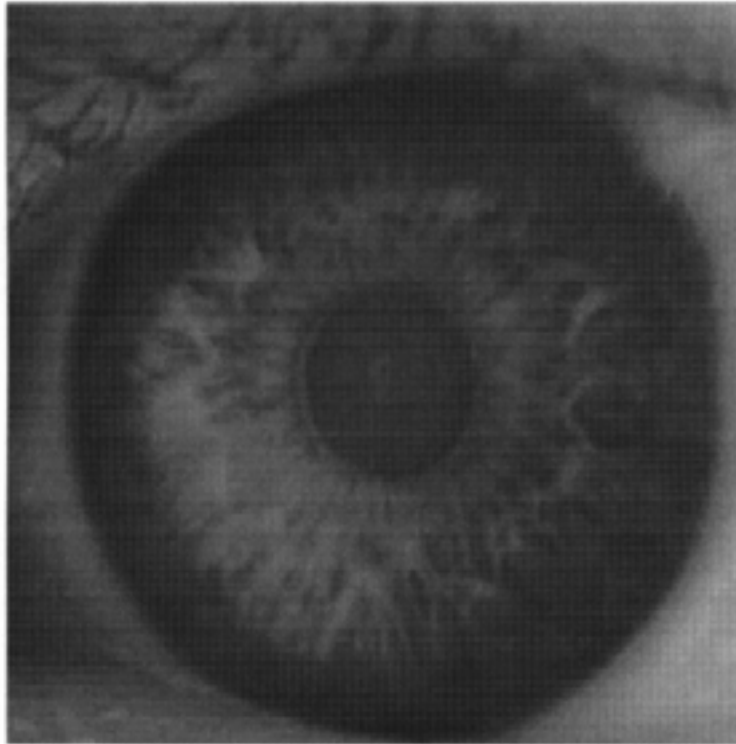
Reconocimiento del iris

R. P. Wildes, Iris recognition: An emerging biometric technology,
Proc. IEEE 85(9) pp.1348-1363

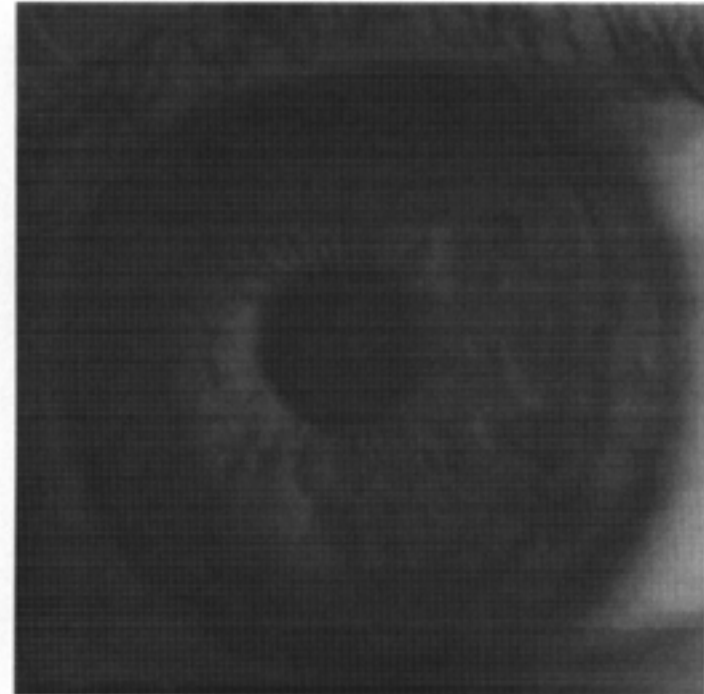
M. Negin, T.A. Chmielewski, M. Salganicoff, T.A. Camus, UMC
von Seelen, P.L. Venetianerm G.G. Zhang An Iris biometric system
for public and personal use, Computer feb 2000 pp.70

Motivación

- Es un método no invasivo de verificación biométrica
- Los iris son tan distintivos e invariantes como las huellas dactilares
- Pueden examinarse mediante métodos de visión por computador remotamente.

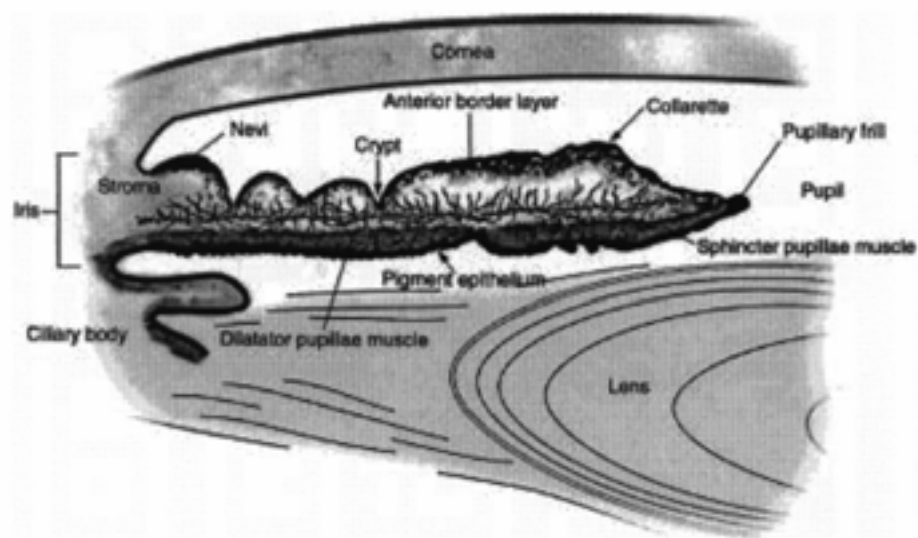


(a)



(b)

Fig. 1. The distinctiveness of the human iris. The two panels show images of the left iris of two individuals. Even to casual inspection, the imaged patterns in the two irises are markedly different.



(a)



(b)

Fig. 2. Anatomy of the human iris. (a) The structure of the iris seen in a transverse section. (b) The structure of the iris seen in a frontal sector. The visual appearance of the human iris derives from its anatomical structure.

Unicidad e invariancia (estabilidad)

- Observación clínica:
- Biología del desarrollo:
 - Existe una dependencia genética pero la forma depende de la evolución durante el desarrollo embrionario.
 - La musculatura madura a los dos años de vida. La pigmentación evoluciona hasta la adolescencia.
- Algunas enfermedades del ojo pueden afectar al iris, pero son raras.
- Todavía no se han realizado estudios a gran escala sobre estabilidad y distintividad.
- El movimiento constante del iris produce variaciones en la pupila que pueden utilizarse para validar la presencia física y viva.

Pasos en el proceso

- Adquisición de la imagen
- Localización del iris y extracción de la imagen
- Reconocimiento y emparejamiento de patrones contra una base de datos.

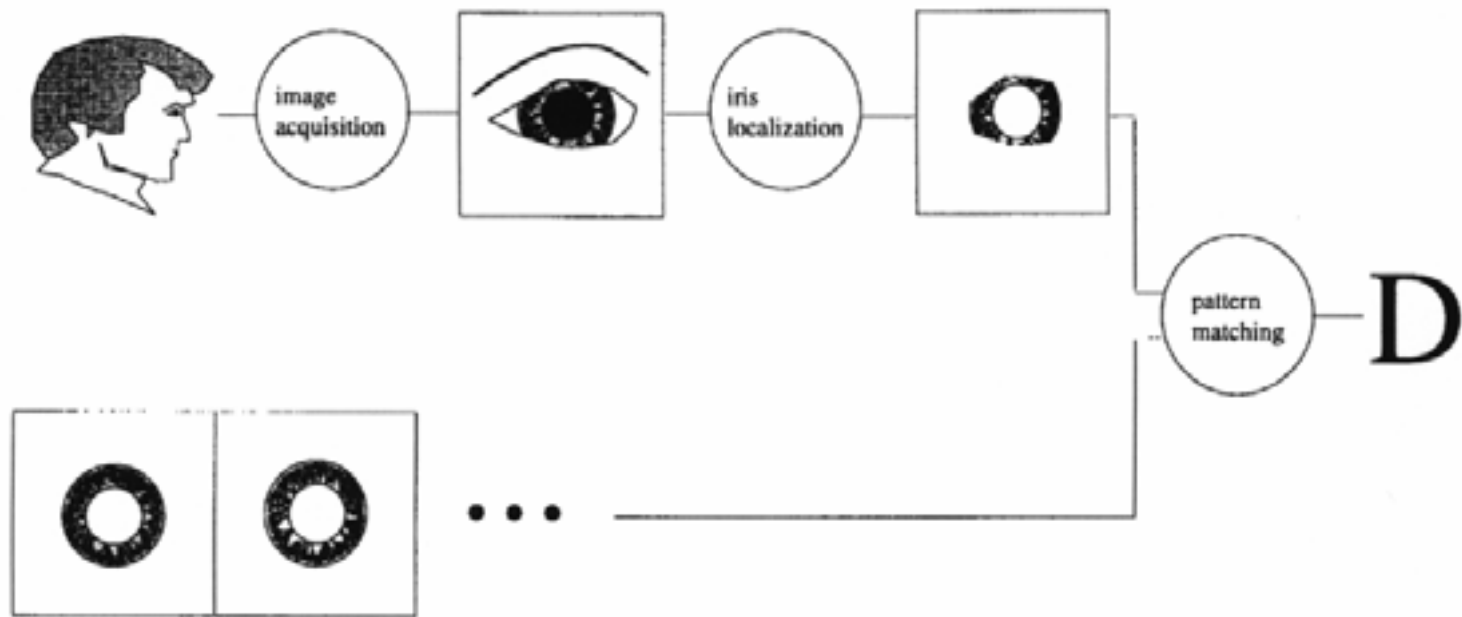
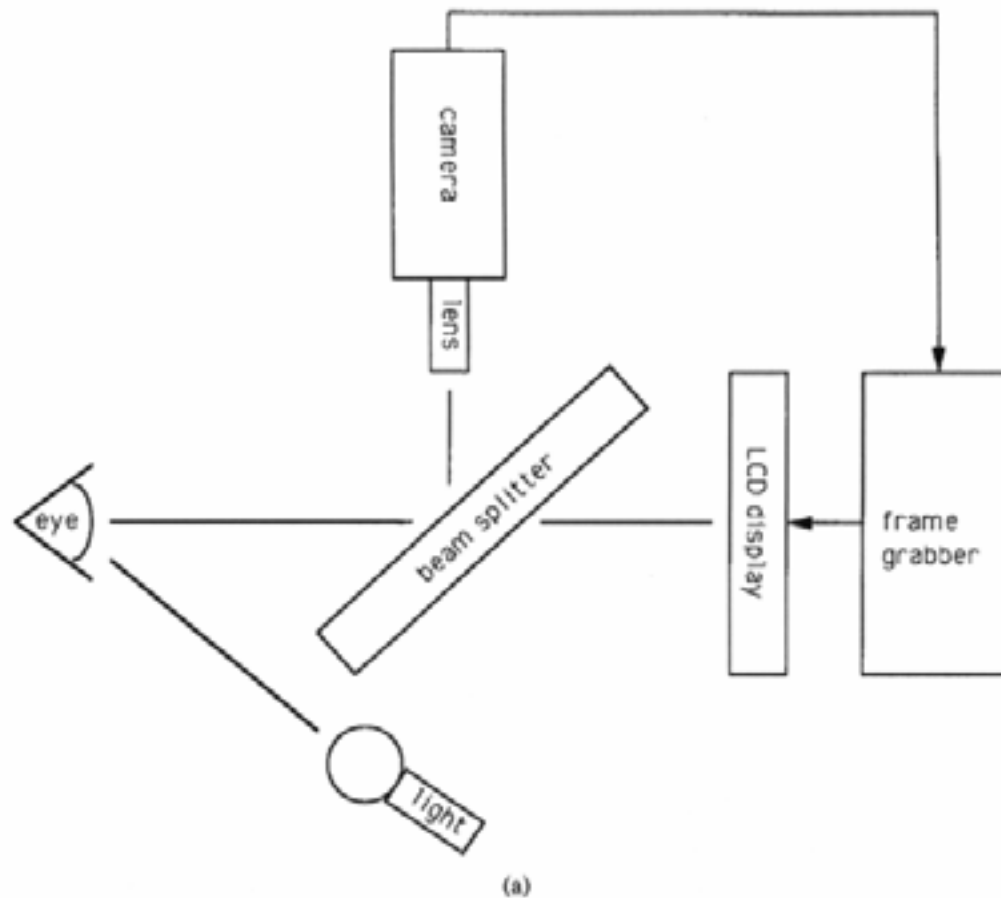


Fig. 3. Schematic diagram of iris recognition. Given a subject to be evaluated (left of upper row) relative to a data base of iris records (left of lower row), recognition proceeds in three steps. The first step is image acquisition, which yields an image of the subject's eye region. The second step is iris localization, which delimits the iris from the rest of the acquired image. The third step is pattern matching, which produces a decision, "D." For verification, the decision is a yes/no response relative to a particular prespecified data base entry; for identification, the decision is a record (possibly null) that has been indexed relative to a larger set of entries.

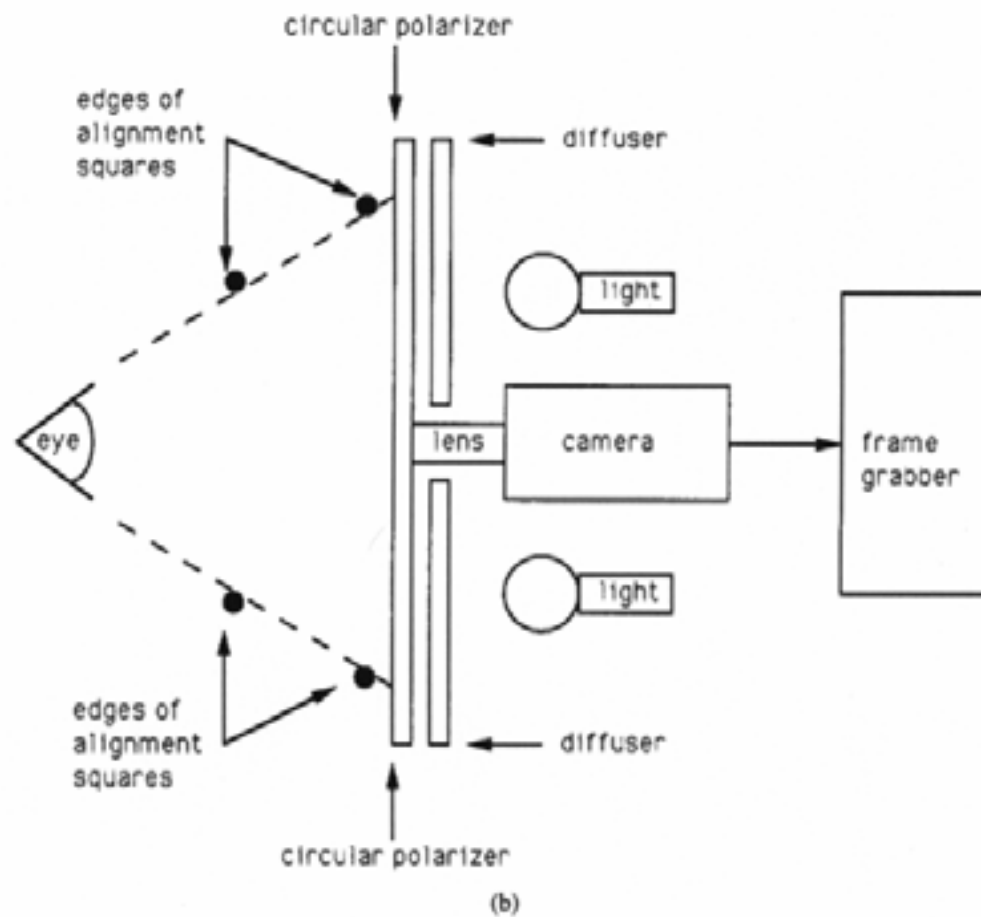
Adquisición de la imagen

- Calidad versus no invasión.
 - Necesita imágenes nítidas
 - El nivel de iluminación no debe molestar al usuario. La apertura de la cámara será alta (f -stop 11).
 - Las imágenes deben estar bien posicionadas sin forzar la pose del usuario.
 - Artefactos de iluminación deben ser eliminados.



Sistema de Daugman. Iris entre 100 y 200 pixels a una distancia de 15-46 cm usando una lente 330mm

- En el sistema de Daugman:
 - La iluminación es desde abajo.
 - No puede evitar reflejos por lo que se ignora el cuadrante inferior.
 - Proporciona al usuario una video realimentación directa para que posicione el iris, via un display miniatura colocado en línea con la cámara usando un partidor de rayos.
 - La calidad de la imagen se evalúa por bordes de alto contraste en la frontera entre iris y esclera. Una de las imágenes de alta calidad se selecciona automáticamente.



Sistema de Wildes. Iris de 256 pixels desde 20 cm usando una lente de 80 mm.

- Em el sistema de Wildes
 - Los polarizadores eliminan la reflexion especular.
 - El nivel de iluminación es muy cómodo.
 - Para el posicionamiento se colocan dos cuadrados que deben estar superpuestos para una correcta posición. El usuario aprieta un boton para activar la captura de la imagen.



Fig. 5. Example of captured iris image. Imaging of the iris must acquire sufficient detail for recognition while being minimally invasive to the operator. Image acquisition yields an image of the iris as well as the surrounding eye region.

Extracción del iris

- Se trata de extraer la region interior al limbus e exterior a (alrededor de) la pupila.
- Las partes inferior y superior pueden estar ocluidas por los párpados y pestañas.
- La frontera de la pupila puede estar menos definida.
- El contraste con los párpados es muy variable.

Generalidades

- Se usa la magnitud de las primeras derivadas de la imagen para detectar los bordes del iris.
 - Enfasis en las verticales para el limbus.
 - Enfasis en las horizontales para los párpados.
 - Isotrópica para la pupila.
- Se usan modelos geométricos sencillos (círculos) para el limbus y la pupila.
- El sistema de Wildes modela los párpados como parábolas. El sistema de Daugman excluye las partes inferior y superior sin más.

Localización en Daugman

(x_c, y_c) center location Centro y radio de la pupila
radius r .

Propone un modelo de contornos activos que maximiza

$$\left| \frac{\partial}{\partial r} G(r) * \oint_{r, x_c, y_c} \frac{I(x, y)}{2\pi r} ds \right|$$

$$G(r) = (1/\sqrt{2\pi}\sigma) e^{-((r-r_0)^2/2\sigma^2)}$$

La integración se limita a los cuadrantes izqdo y dcho para el ajuste del limbus. Para la pupila es más general

Localización en Wildes

Paso 1: la imagen se convierte a un mapa binario de bordes

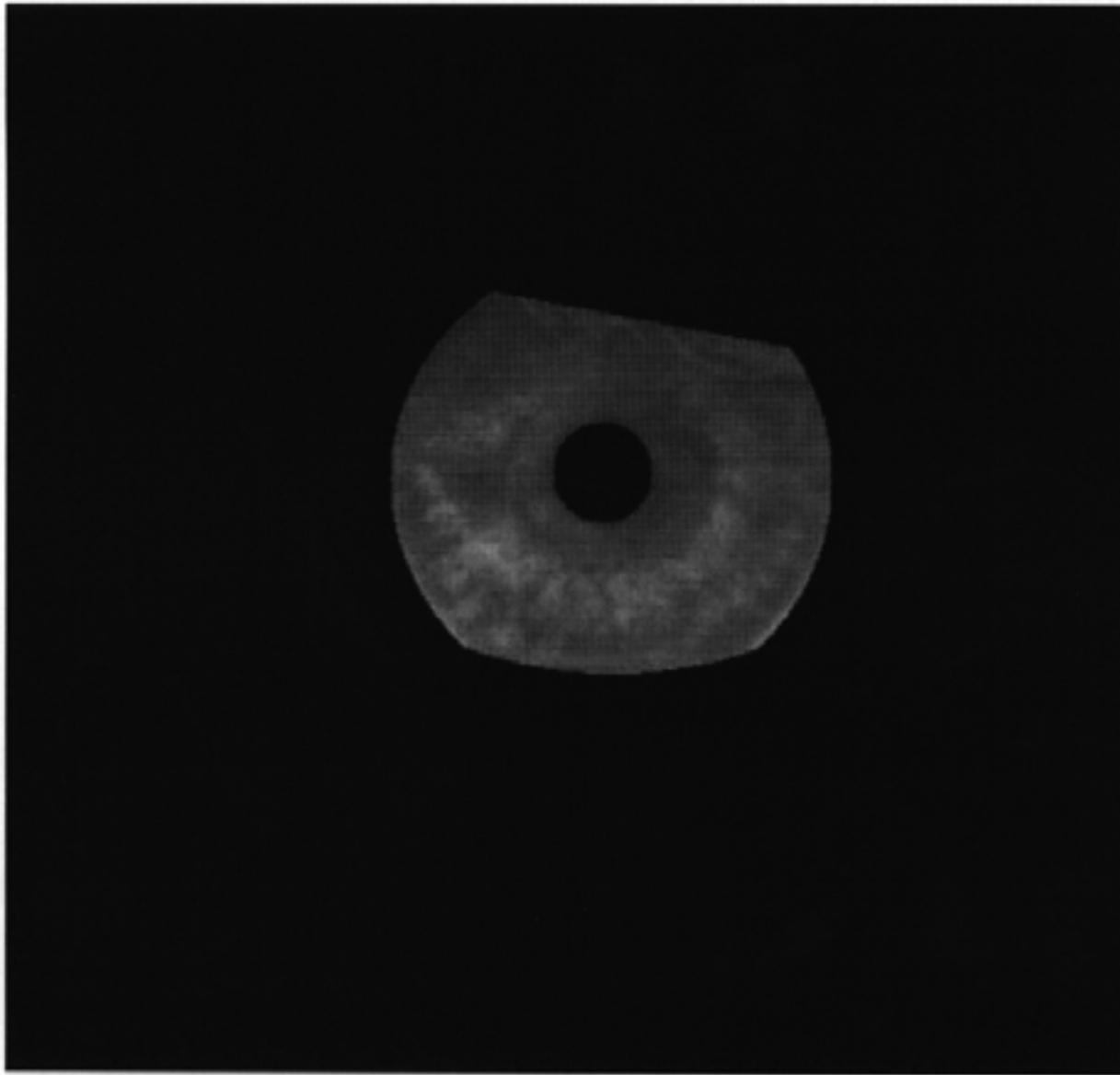
$$|\nabla G(x, y) * I(x, y)|,$$

$$\nabla \equiv (\partial/\partial x, \partial/\partial y)$$

$$G(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{(x-x_0)^2 + (y-y_0)^2}{2\sigma^2}}$$

Paso 2: transformada de Hough para detectar la forma circular

$$\begin{aligned} \text{edge points } (x_j, y_j), j = 1, \dots, n, \quad & h(x_j, y_j, x_c, y_c, r) = \begin{cases} 1, & \text{if } g(x_j, y_j, x_c, y_c, r) = 0 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \\ H(x_c, y_c, r) = \sum_{j=1}^n h(x_j, y_j, x_c, y_c, r) \quad & g(x_j, y_j, x_c, y_c, r) = (x_j - x_c)^2 + (y_j - y_c)^2 - r^2. \end{aligned}$$



Resultados de la
localización del iris
con el sistema de
Wildes.

Fig. 6. Illustrative results of iris localization. Given an acquired image, it is necessary to separate the iris from the surround. The input to the localization process was the captured iris image of Fig. 5. Following iris localization, all but the iris per se is masked out.

Pattern matching fases

- Alinear espacialmente el patrón adquirido con el patrón en la base de datos.
- Escoger una representación que sea discriminativa
- Evaluar la bondad del emparejamiento
- Decidir si el patrón test y el de la BD corresponden al mismo individuo.

Alineamiento

- Transformaciones afines: desplazamiento, escalado y rotación.
- La dilatación de la pupila no es problema, dado que las imágenes se toman en las mismas condiciones de iluminación.
- Los sistemas de Daugman y Wildes asumen buenas condiciones de captación.

Sistema de Daugman

Obtiene una imagen en coordenadas polares con radio normalizado, lo que permite tratar la rotación en el plano imagen como un desplazamiento en θ .

$$\begin{aligned}x(r, \theta) &= (1 - r)x_p(\theta) + rx_l(\theta) \\y(r, \theta) &= (1 - r)y_p(\theta) + ry_l(\theta)\end{aligned}$$

$(x_p(\theta), y_p(\theta))$ and $(x_l(\theta), y_l(\theta))$ Coordenadas de las fronteras pupilar y límbica. El origen se sitúa en el centro de la pupila.

r lies on $[0, 1]$

θ is cyclic over $[0, 2\pi]$,

Sistema de Wildes

Calcula la función de mapeo $(u(x, y), v(x, y))$

que minimiza el funcional de error de registro con la imagen de la BD

$$\int_x \int_y (I_d(x, y) - I_a(x - u, y - v))^2 dx dy$$

Restringida a que la transformación sea dada por un escalado y una rotación

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} - sR(\phi) \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$$

Los parámetros de la transformación se deducen por un método de minimización iterativa.

Representación

- Características a una variedad de escalas
- Se aplican técnicas multiescala.
- Sistema de Daugman: filtros de Gabor bidimensionales
- Sistema de Wildes filtros isotrópicos: laplaciano de la gaussiana

Sistema de Daugman

Filtros de Gabor en coordenadas polares:

$$H(r, \theta) = e^{-i\omega(\theta-\theta_0)} e^{-(r-r_0)^2/\alpha^2} e^{-i(\theta-\theta_0)^2/\beta^2}$$

Dados parámetros α, β , and ω and location (r_0, θ_0) ,

Se genera un par de bits de acuerdo a:

$$h_{\Re} = 1 \text{ if } \Re \left(\int_{\rho} \int_{\psi} e^{-i\omega(\theta_0-\psi)} e^{-(r_0-\rho)^2/\alpha^2} e^{-i(\theta_0-\psi)^2/\beta^2} I(\rho, \psi) \rho d\rho d\psi \right) \geq 0$$

$$h_{\Re} = 0 \text{ if } \Re \left(\int_{\rho} \int_{\psi} e^{-i\omega(\theta_0-\psi)} e^{-(r_0-\rho)^2/\alpha^2} e^{-i(\theta_0-\psi)^2/\beta^2} I(\rho, \psi) \rho d\rho d\psi \right) < 0$$

$$h_{\Im} = 1 \text{ if } \Im \left(\int_{\rho} \int_{\psi} e^{-i\omega(\theta_0-\psi)} e^{-(r_0-\rho)^2/\alpha^2} e^{-i(\theta_0-\psi)^2/\beta^2} I(\rho, \psi) \rho d\rho d\psi \right) \geq 0$$

$$h_{\Im} = 0 \text{ if } \Im \left(\int_{\rho} \int_{\psi} e^{-i\omega(\theta_0-\psi)} e^{-(r_0-\rho)^2/\alpha^2} e^{-i(\theta_0-\psi)^2/\beta^2} I(\rho, \psi) \rho d\rho d\psi \right) < 0.$$

Se cuantizan los parámetros para obtener una representación de 256 bytes

El filtrado de Gabor se realiza mediante un proceso de relajación relacionado con las redes de Hopfield.

Sistema de Wildes

Aplica una pirámide de filtros LoG

$$-\frac{1}{\pi\sigma^4}\left(1 - \frac{\rho^2}{2\sigma^2}\right)e^{-\rho^2/2\sigma^2}$$

$$W = \mathbf{w}^T \mathbf{w}$$

$$\mathbf{w} = [1 \ 4 \ 6 \ 4 \ 1]/16$$

Filtro 2D gaussiano

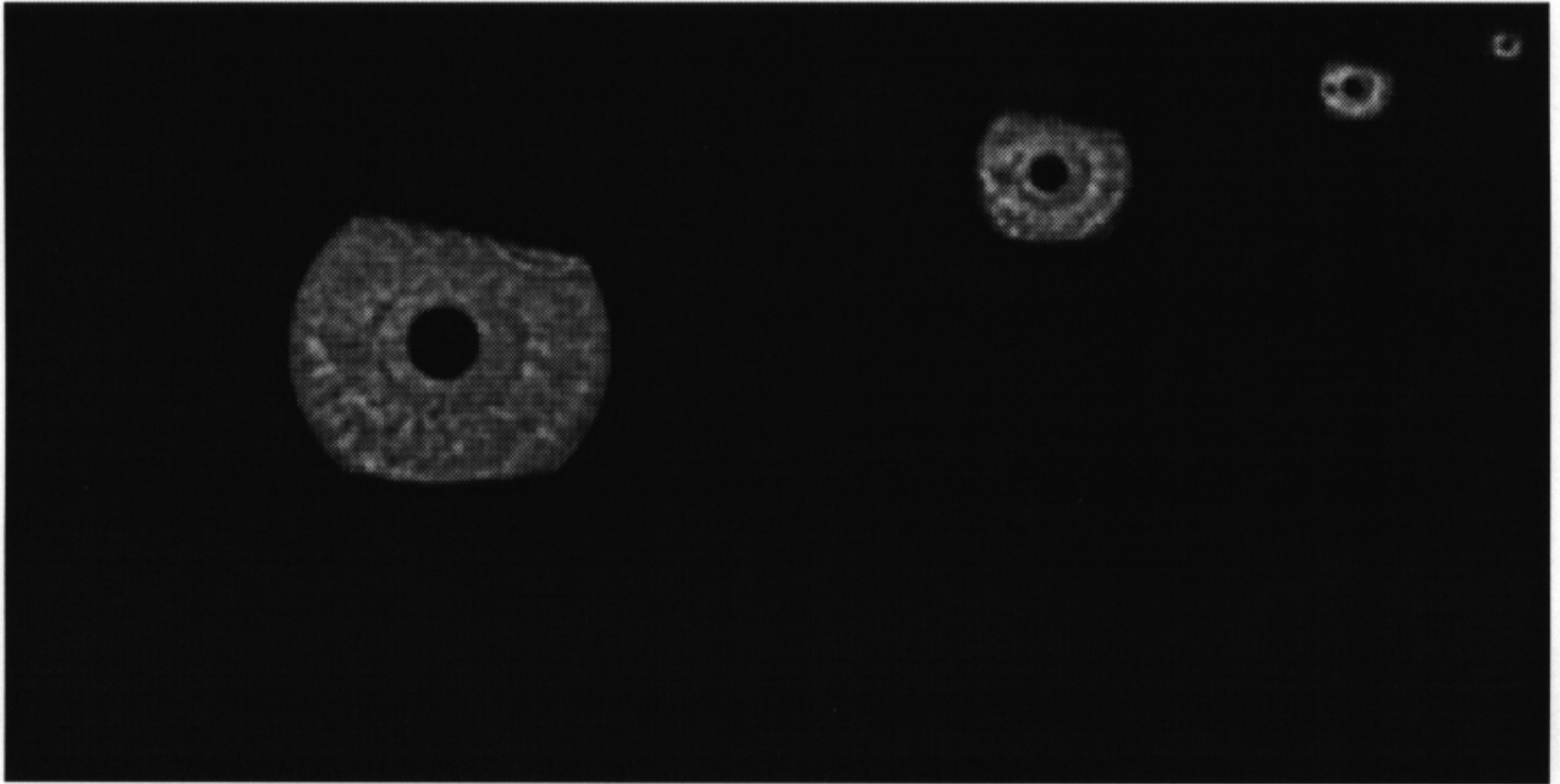
$$g_k = (W * g_{k-1})_{\downarrow 2}$$

$$g_0 = I$$

Sucesión de imágenes suavizadas y submuestreadas

$$l_k = g_k - 4W * (g_{k+1})_{\uparrow 2}$$

Sucesión de imágenes que aproximan el LoG a distintas escalas.



Representación multiescala obtenida mediante el procedimiento de filtrado y submuestreo descrito por Wildes. Las imágenes laplacianas correspondientes sirven para la representación.

Bondad del emparejamiento

- Se trata de evaluar la similitud entre los datos obtenidos de distintas imágenes de iris.
- Sistema de Dougman: calcula la distancia de Hamming entre representaciones
- Sistema de Wildes: se basa en la correlación normalizada

Sistema de Dougman

Para dos representaciones A y B se calcula la distancia de Hamming empleando el XOR.

$$\frac{1}{2048} \sum_{j=1}^{j=2,048} A_j \oplus B_j$$

Es un método muy eficiente computacionalmente que permite el examen de grandes bases de datos para identificación.

Sistema de Wildes

$p_1[i, j]$ and $p_2[i, j]$ Imágenes $m \times n$

$$\frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (p_1[i, j] - \mu_1)(p_2[i, j] - \mu_2)}{nm\sigma_1\sigma_2}, \quad \text{Correlación normalizada}$$

$$\mu_1 = (1/nm) \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m p_1[i, j]$$

$$\sigma_1 = \sqrt{(1/nm) \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (p_1[i, j] - \mu_1)^2}$$

Sistema de Wildes

Las correlaciones se aplican sobre bloques 8x8 en cada banda de frecuencias espaciales de la piramide laplaciana.

Se toma para cada banda la mediana de las correlaciones como valor representativo.

Los cuatro valores, uno por banda, caracterizan el ajuste del emparejamiento.

Solo se ha utilizado para verificación.

Decisión

- Corresponde a decidir si los datos provienen o no (impostor) del mismo iris.
- En statistical pattern recognition el proceso corresponde a estimar la distribución de las clases y decidir por la mas probable.
- La frontera de decisión es el cruce de las distribuciones de las clases.
- Para estimar los parámetros de decisión es preciso contar con casos de entrenamiento...

Sistema de Dougman

Asume que los bits de la representación son independientes. La probabilidad de coincidencia de los bits sigue la distribución binomial, que modela la probabilidad de k éxitos en n intentos de Bernoulli.

$$p(k) = \binom{n}{k} P^k (1 - P)^{n-k}$$

$$p_v(v_0) = \begin{cases} 1 - P, & v_0 = 0 \\ P, & v_0 = 1 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

La frontera de decisión se establece en función del porcentaje de coincidencias en los bits característicos.
HD=0.32 es un umbral estándar para detectar impostores

Sistema de Wildes

Está dedicado a verificación , por lo que considera dos clases: Auténticos e impostores. El dato es la diferencia entre las correlaciones normalizadas por bandas.

Aplica el discriminante lineal de Fisher.

$$\mu_a = (\sum_{q \in \mathcal{A}} q) / n_i$$

$$S_a = \sum_{q \in \mathcal{A}} (q - \mu_a)(q - \mu_a)^T$$

Matriz de dispersion (scatter) de la clase de auténticos.

$$S_w = S_a + S_i$$

Dispersión intraclase

$S_b = (\mu_a - \mu_i)(\mu_a - \mu_i)^\top$. Dispersión interclases

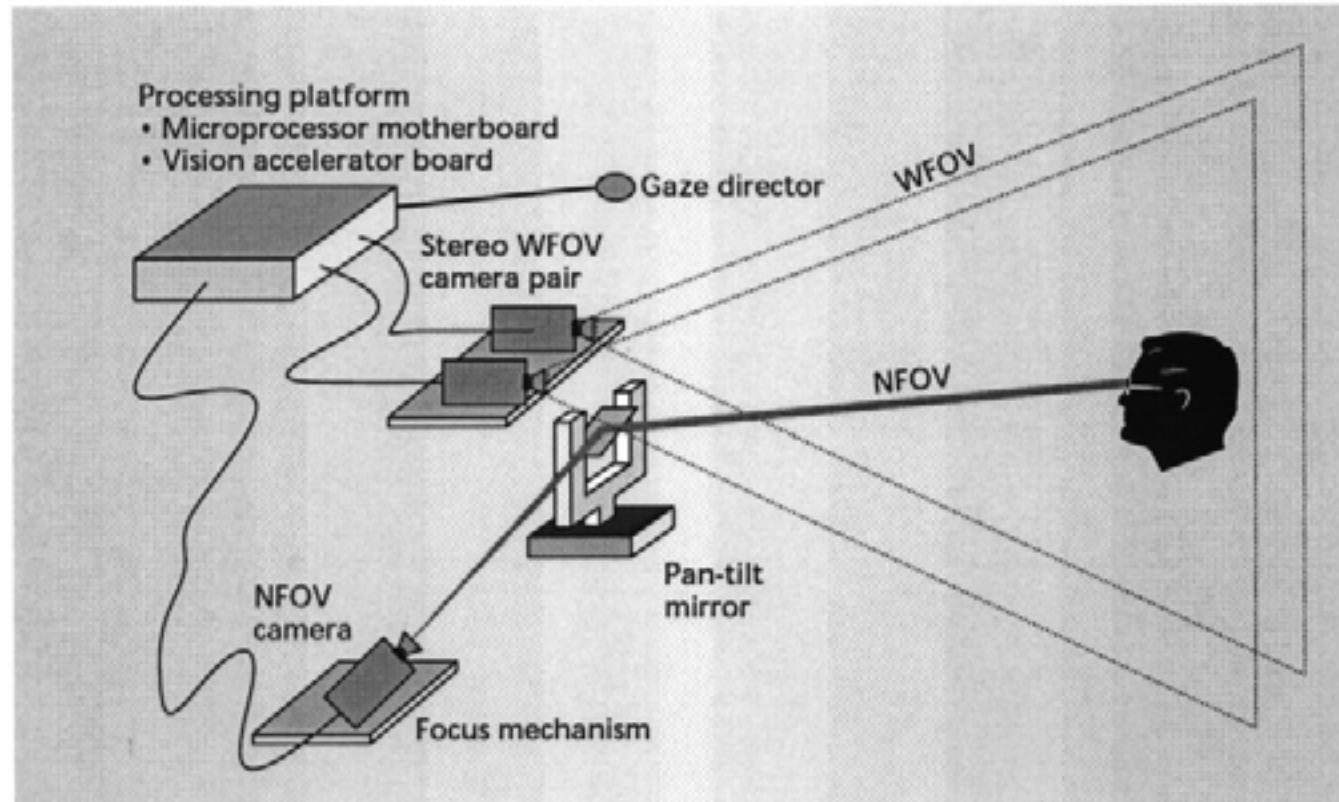
$\frac{\omega^\top S_b \omega}{\omega^\top S_w \omega}$ Ratio de varianzas interclase e intracase

$\omega = S_w^{-1}(\mu_a - \mu_i)$. Transformación que maximiza el ratio de las varianzas inter e intra clase.

$(1/2)\omega^\top(\mu_a + \mu_i)$. Punto de decisión optimo para clases con distribución gaussiana e identica varianza.

Sistema público de Sensor

Figure 2. The public-use multiple-camera system for correctly positioning and imaging a subject's iris.



Sistema público incluye:

Dos cámaras estereo de campo de visión amplio (WFOV) localiza la cara en un volumen 3D

Una cámara de campo de visión estrecho (NFOV) con zoom y enfoque controlado para tomar la imagen del iris.

Un espejo pan-tilt para dirigir el eje optico de la cámara NFOV al ojo

Iluminación infrarroja para iluminar el volumen de adquisición de datos

Sistemas de cálculo

Director de mirada para orientar apropiadamente la mirada del usuario.

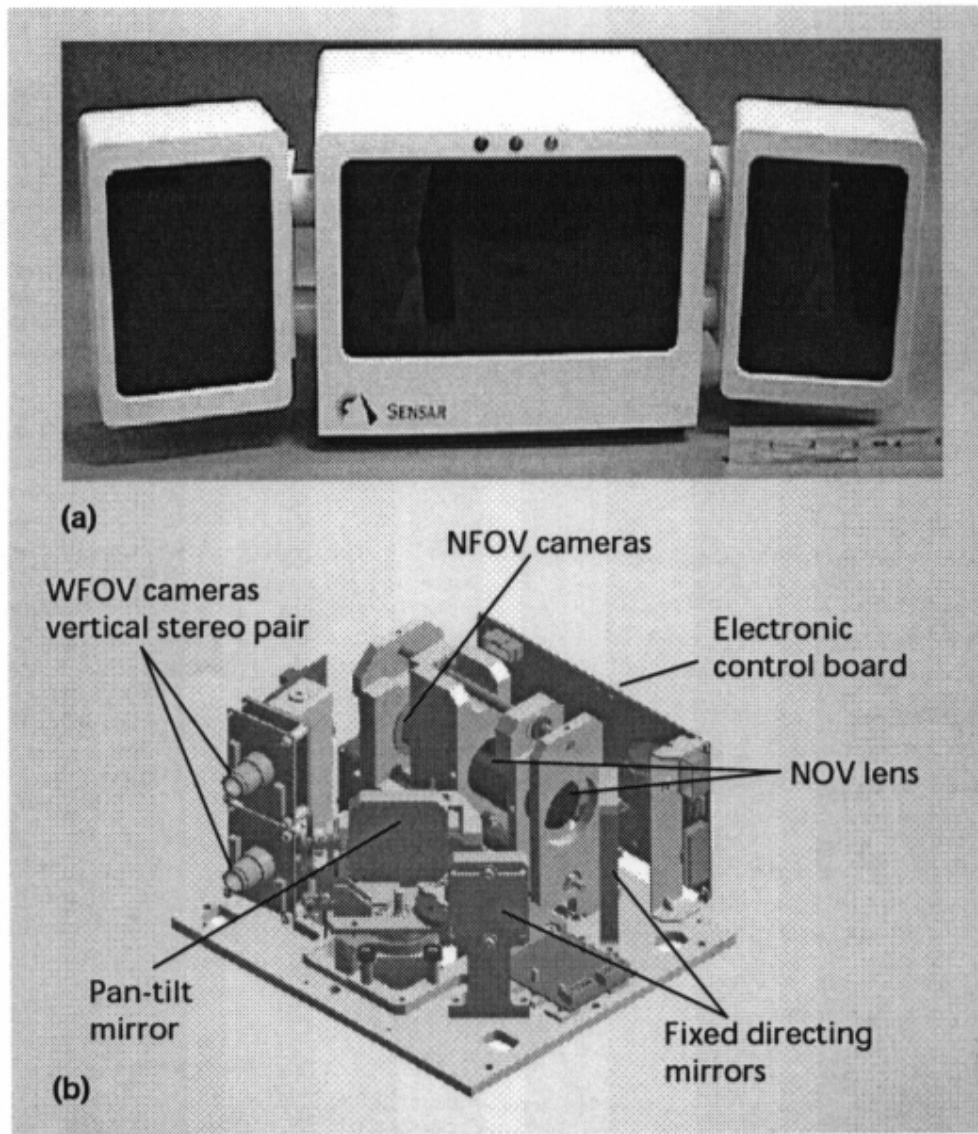
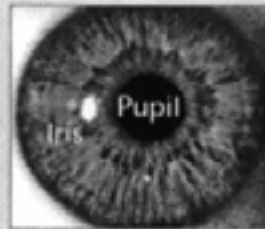


Figure 3. The public-use optical platform, showing (a) left and right illuminator pods, gaze director, and optical filter; and (b) a solid model of the platform's internal components.

Sistema público de
reconocimiento de
iris de Sensor

Iris identification public-use system

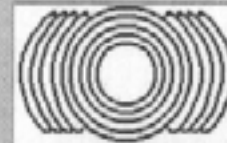


1. A user stands one to three feet from the system, which contains three standard video cameras.

2. Two wide-angle cameras image the user's torso. Using technology developed specifically for this application, the system determines the position of the eyes.



3. A third camera focuses on an eye and captures a single black-and-white digital image. Successful identification can be made through eyeglasses and contact lenses, and at night. If needed, the picture is rotated to compensate for a tilted head.



4. The system uses a circular grid as a guide to encode the pattern in the iris.



5. The grid is overlaid on the eye's image. The system looks at the patterns of light and dark iris areas and their distribution inside the grid, then generates a 512-byte human bar code for that person. The system will perform properly even if eyelashes or the eyelid obscure part of the grid.



6. The system checks the bar code against the version stored in a computer database. The entire process—from first picture to verification—takes about two seconds.

Figure 1. Iris identification process. The system captures a digital image of one eye, encodes its iris pattern, then matches that file against the file stored in the database for that individual.

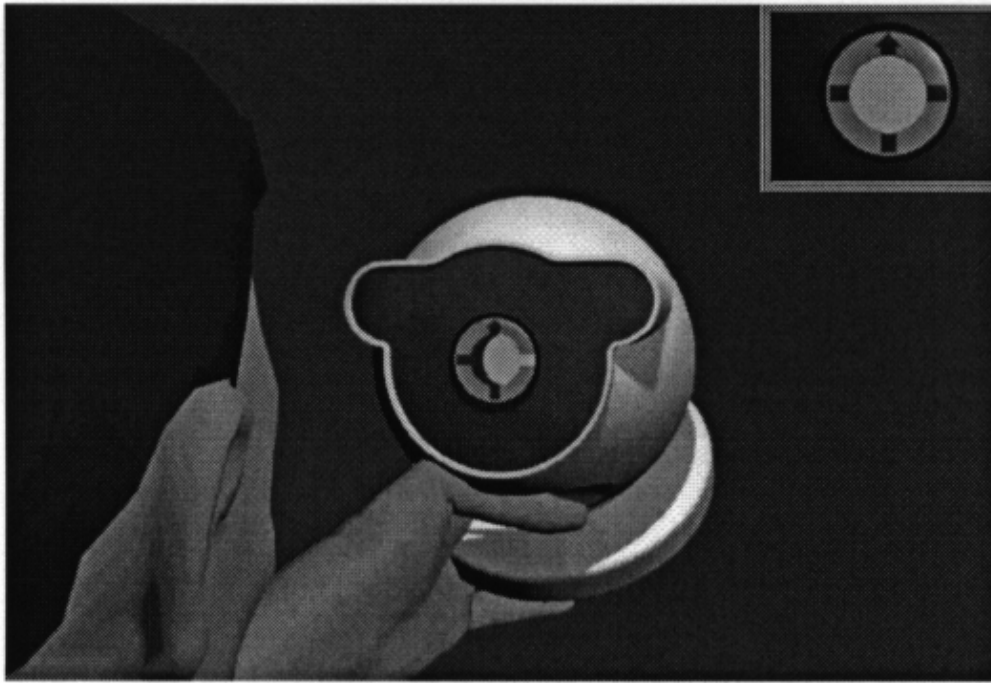


Figure 4. Personal-use camera alignment. The user manually positions the camera so that the device's LED centers within the aperture that superimposes the user's line of sight and the camera's optical axis.

Sistema personal de identificación mediante el iris. El usuario verifica el alineamiento del eje optico con el ojo

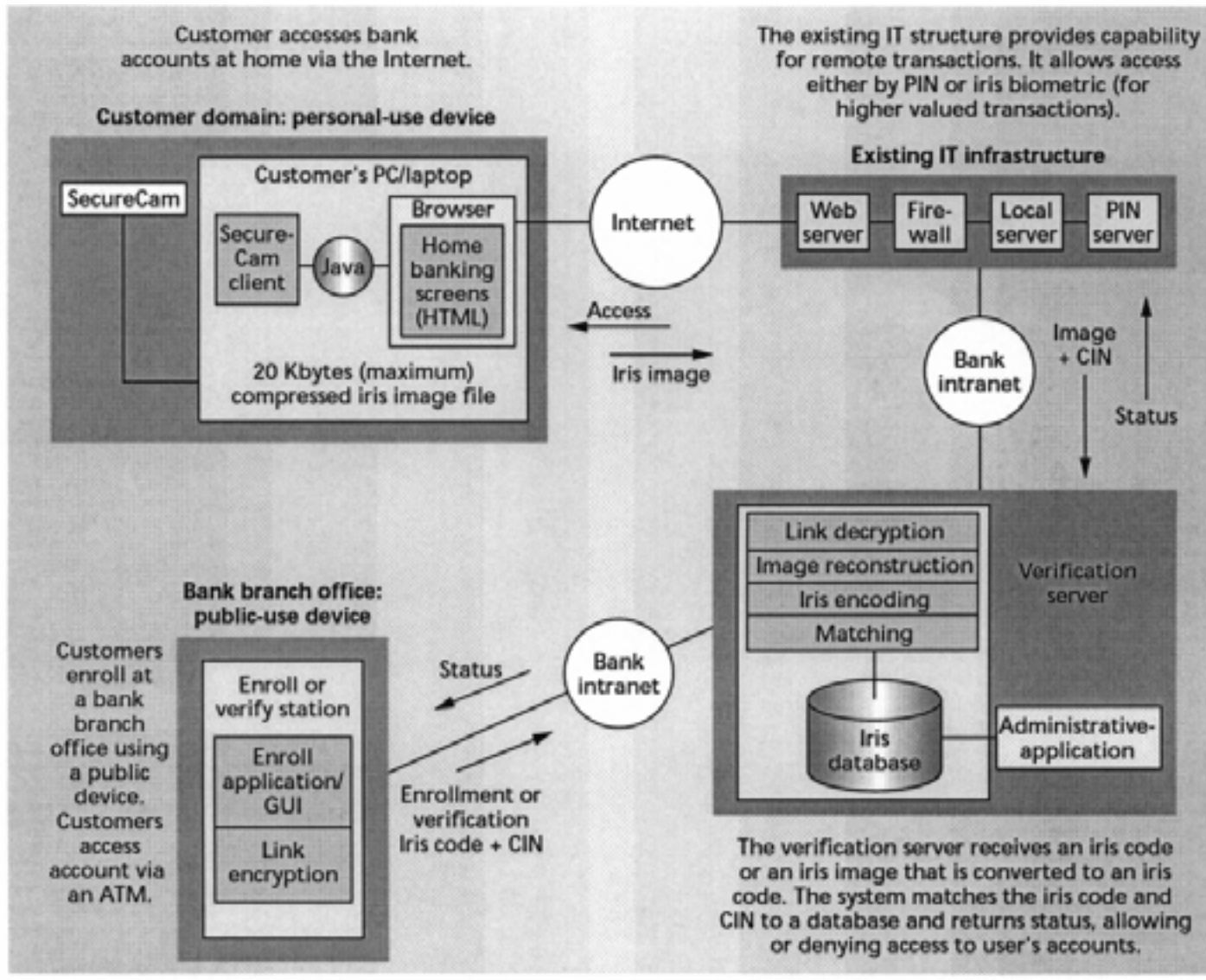


Figure 5. Diagram of the multichannel system architecture used to link public- and personal-use iris identification devices via corporate intranets and the Internet. The system uses each customer's PIN (personal identification number), iris code, and CIN (customer identification number) to validate transactions.

El sistema personal de identificación mediante el iris puede servir para la autenticación de los usuarios en internet de forma remota.