Vers la prochaine génération de visiophones

par Srinivasan Iyer, Ingénieur système en immotique Texas Instruments

Les dernières évolutions en matière de processeurs audio et vidéo, mais aussi de communications sans fil, transforment nos bonnes vieilles sonnettes électriques en systèmes de sécurité de pointe connectés au cloud.

Pour les intégrateurs et les concepteurs de systèmes, le défi est de taille : intégrer des fonctions de traitement gourmandes en énergies (détection de mouvement, analyse vidéo, communication audio bidirectionnelle, contrôle actif du bruit et connexion au cloud) à des dispositifs compacts, fonctionnant parfois sur batteries, aussi fiables que faciles à utiliser. Naguère produits de luxe cantonnés à un marché de niche, les technologies domotiques de sécurité forment désormais un ensemble de solutions viables, à la portée de la plupart des foyers. En parallèle, les systèmes d'imagerie utilisés dans l'automatisation industrielle ou la sécurité se sont dotés d'un plus grand nombre de fonctions de surveillance avancées et connectées.
Nouveaux venus sur ce marché, les visiophones profitent du succès des caméras de sécurité reliées au cloud. À l'heure où les propriétaires et locataires prennent en main la sécurité de leurs logements, ou souhaitent garder un œil sur le nombre croissant de paquets déposés devant leur porte, ces appareils ont le vent en poupe et s'enrichissent de nombreuses fonctionnalités. Cette tendance coïncide avec la demande, de la part des industriels, de systèmes de sécurité et de surveillance audio et vidéo plus abordables et plus sophistiqués.
Les visiophones incluent désormais des fonctions de traitement vidéo avancées basées sur l'apprentissage automatique, de connexion au cloud et de communication sans fil, d'alimentation via Ethernet (PoE) ou par une batterie de secours, de communication audio avancée, ainsi que des capteurs environnementaux améliorés et des détecteurs de mouvement. Rassembler tout cela dans un dispositif électronique résistant aux intempéries, de quelques centimètres seulement, représente un véritable défi pour les ingénieurs – sans compter qu'ils doivent laisser de la place pour les mises à niveau et l'ajout de fonctionnalités de nouvelle génération.

Évolutions technologiques des visiophones
Les sonnettes électroniques et systèmes de sécurité dotés de fonctions vidéo et audio centralisées existent depuis des dizaines d'années. Typiquement, ils étaient utilisés dans les grands immeubles d'habitation ou de bureaux ainsi que les maisons haut de gamme, et associés à des systèmes de télévision en circuit fermé et de surveillance humaine. Mais sur le marché grand public, un simple carillon assurant une communication vidéo unidirectionnelle et une communication audio bidirectionnelle ne suffit pas à satisfaire les aficionados de la domotique, versés dans l'Internet des Objets.
Les industriels, eux aussi, exigent des moyens de surveillance plus efficaces et plus sécurisés afin d'identifier les menaces et violations potentielles sur leurs sites. Ce besoin encourage le développement de fonctions de traitement vidéo capables d'identifier les personnes, de déclencher des alarmes couvrant des zones spécifiques ou encore de générer des réponses automatiques à des éléments observés.
Plusieurs visiophones servent également de caméra de sécurité active 24 h/24, 7 j/7, ou assurent des fonctions de captation, de stockage et d'analyse similaires.
Si les technologies de traitement d'image les plus simples sont capables de détecter des objets non statiques, d'autres, plus complexes et plus utiles, nécessitent des algorithmes d'apprentissage automatique avancés. Ces intelligences artificielles sont généralement entraînées à partir de différents scénarios de test – bien que certaines se nourrissent en continu d'informations générées par des caméras connectées au cloud. Par conséquent, il est souvent nécessaire de recourir à des microcontrôleurs et autres microprocesseurs plus perfectionnés pour gérer ces fonctions de traitement en périphérie et identifier les informations à transmettre vers le cloud.

Connexion au cloud
Deux éléments plaident en faveur des visiophones connectés au cloud : leur petite taille, qui réduit la puissance de traitement nécessaire et facilite le stockage, et le succès des programmes de surveillance adossés à des applications. Les consommateurs sont séduits par la possibilité de consulter le flux vidéo capté sur le pas de leur porte depuis leur mobile, et de réagir en temps réel à ce qu'ils observent.
En matière de sécurité personnelle et collective (ou simplement pour vérifier qu'un paquet a bien été livré), le cloud offre aux utilisateurs une large palette de fonctionnalités. Aux fabricants, il permet

d'assurer des mises à jour à distance et de collecter de précieuses données et statistiques d'utilisation. Cependant, l'intégration d'une fonction de connectivité au cloud nécessite un accès à Internet, via l'Ethernet filaire ou le Wi-Fi®. La plupart des foyers équipés pour ce type d'appareils disposant seulement d'installations d'alimentation en courant alternatif, et non de lignes Ethernet ou de communication quelconques, les visiophones Wi-Fi sont de plus en plus courants.

Communications sans fil
Les standards sans fils courants (Bluetooth, Zigbee) offrent une bande passante suffisante pour les applications exclusivement audio. Quand il s'agit de transférer des vidéos, en revanche, la solution sans fil la plus accessible et la plus populaire est le Wi-Fi. Les bâtiments d'habitation récents, dont les constructeurs sont familiarisés avec les technologies domotiques, peuvent être dotés de fonctions de connectivité Ethernet ; il est alors toujours possible de tirer une ligne jusqu'à la porte d'entrée. Cependant, de nombreuses maisons et appartements étant loués, les locataires sont davantage susceptibles de choisir des installations Wi-Fi, non intrusives. Cette dernière solution nécessite cependant un routeur dédié et une réception correcte au niveau des portes où les visiophones sont installés.

Alimentation par câble Ethernet (PoE)
Pour les logements les plus récents et les particuliers prêts à entreprendre de petits travaux de rénovation afin de profiter des dernières avancées de la domotique, la technologie PoE permet d'installer un visiophone aux performances appréciables avec un seul et unique câble. Un grand nombre d'appareils de dernière génération appellent une puissance supérieure à celle fournie par les transformateurs typiquement utilisés (ou usagés) ; des mises à niveau, et notamment l'installation de nouveaux câbles CA, peuvent alors être nécessaires. La technologie PoE garantit à la fois une communication filaire robuste et sécurisée et une puissance pouvant aller jusqu'à 100 W, conformément au standard 802.3bt de l'IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) de septembre 2018. Elle fournit de l'énergie de manière dynamique, sans les limitations imposées par les systèmes en courant alternatif ou continu.

Alimentation par batterie et batterie de secours
De nombreux clients potentiels n'ont pas la possibilité d'installer les câbles d'alimentation et de connexion à Internet nécessaires à l'installation d'un visiophone, car leur maison ou leur appartement n'est pas prévu pour. D'autre part, la plupart des propriétaires de visiophones préfèrent que les pannes de courant, les microcoupures ou les actes de sabotage ne désactivent pas cette nouvelle addition à leur système de sécurité domestique. Les appareils fonctionnant sur batterie (ou, a minima, incluant une batterie de secours) ont donc toute leur place sur le marché. Ces batteries sont utilisées aussi bien sur les systèmes utilisant la puissance active que sur les systèmes Wi-Fi complets, dont les fonctions de recharge intelligente et la fluidité dans la transition d'une source de puissance à une autre ou l'ajout d'une source de puissance complémentaire sont essentiels pour fournir une alimentation de secours tout en maintenant la durée de vie attendue de la batterie.
Technologies audio avancées
Les technologies vidéo ne sont pas seules à jouer un rôle essentiel. Certains carillons électroniques très populaires sur le marché se cantonnent aux fonctions audio. D'une manière générale, la plupart des visiophones assurent une communication audio bidirectionnelle, gèrent des événements déclenchés par des signaux sonores ou détectent la provenance du son. La première fonction nécessite seulement un haut-parleur et un microphone ; les deux autres, en revanche, impliquent des technologies de traitement du son supplémentaires, et souvent l'ajout d'autres micros. Le déclenchement d'événements et la communication audio bidirectionnelle reposent généralement sur des algorithmes exécutés par un processeur de signal numérique ou un codec. Dans la plupart des cas, les données audio chiffrées sont transmises à une application ou à un système de stockage dans le cloud.

Détection de mouvement et surveillance de l'environnement
La capacité à détecter les mouvements est l'une des principales fonctions des visiophones. Si la plupart s'appuient seulement sur le suivi des mouvements par analyse des images, il existe de nombreuses autres méthodes susceptibles de faciliter la détection et de réduire le risque d'erreurs. On peut citer les détecteurs à infrarouges passifs (PIR), relativement simples et abordables. Fréquemment utilisés sur des éclairages de sécurité dotés de détecteurs de mouvement, ils ne permettent cependant d'identifier que les corps chauds (personnes, animaux de grande taille). Pour éviter les fausses alertes, les détecteurs à infrarouges passifs sont donc généralement associés à d'autres dispositifs de détection.

En plus des capteurs optiques et acoustiques, une large gamme de détecteurs et de fonctions participent à améliorer les performances des visiophones en fonction des conditions extérieures. Ainsi, les capteurs de luminosité ambiante aident les algorithmes de traitement des images vidéo à ajuster l'exposition en fonction de la lumière extérieure. On utilise aussi fréquemment des capteurs de température internes et externes, de température de la batterie (qui surveillent les variations de température liées à la charge et à la décharge), ou d'autres qui détectent les tentatives de vol ou de vandalisme. Pour ces derniers, il peut s'agir de capteurs de vibration, de choc et de proximité, ou encore de simples commutateurs fixés sur des parties critiques du boîtier. Le circuit de gestion de l'alimentation peut aussi être doté de capteurs de courant et de tension, afin de déterminer la qualité de l'énergie et de décider de recourir ou non à la batterie de secours. Enfin, divers capteurs de défaillance internes surveillent le bon fonctionnement des composants essentiels du circuit, en vue des actions de dépannage et de maintenance.

Principaux défis technologiques

Chaque nouvelle fonction ajoutée à un appareil électronique amène son lot de défis de conception et de circuits supplémentaires. Les visiophones n'échappent pas à la règle. Soumis à des contraintes de puissance, de place, de traitement et de coûts, ils poussent les ingénieurs à innover pour trouver le bon équilibre entre les ressources matérielles, logicielles et le cloud.

Les carillons électroniques sont essentiellement alimentés via des transformateurs de 8 V à 24 V, dont la puissance assignée est comprise entre 5 VA et 30 VA. Mais grâce à la technologie PoE, il est possible de répondre à une demande supérieure, puisque la dernière norme IEEE autorise à fournir jusqu'à 71 W de puissance. Un étage de puissance front-end capable de fonctionner avec une alimentation à transformateur classique aussi bien qu'avec la technologie PoE nécessite une architecture innovante, afin de profiter d'une large plage de tensions d'entrée et de maintenir la liaison avec le contrôleur d'alimentation dans des conditions de charge faibles.

La taille des visiophones, mais aussi leurs capacités de répartition de la puissance et de régulation thermique font peser des contraintes considérables sur la puissance de traitement. Étant donnée la complexité des fonctions (de traitement audio et vidéo notamment), le microcontrôleur ou le microprocesseur doit être en mesure de déployer une puissance de traitement importante si nécessaire, tout en limitant au maximum la consommation lorsque le système est inactif. Une charge de traitement complète peut provoquer un échauffement significatif au niveau du microcontrôleur, mais celui-ci doit pouvoir continuer de fonctionner à des températures extrêmes. Par conséquent, les ingénieurs cherchent à équilibrer la puissance de traitement, la charge thermique, la température environnante et la régulation thermique.

Autre moyen d'améliorer les capacités vidéo d'un visiophone sans accroître la puissance nécessaire : transférer les opérations de traitement vers des services de cloud et diffuser le flux de données audio et vidéo en continu. Cependant, cette méthode nécessite une infrastructure de communication très fiable, capable d'assurer des transmissions unidirectionnelles ininterrompues.

Il reste assez rare que les visiophones soient compatibles avec Ethernet. Le Wi-Fi reste la solution de connectivité par défaut. Pour autant, il n'est pas simple d'établir une connexion sans fil fiable, capable d'offrir la bande passante nécessaire à un flux de données vidéo et audio haute qualité – en particulier au regard des contraintes de puissance et de l'emplacement du visiophone. Une installation en extérieur expose en effet l'appareil à des conditions environnementales difficiles, et pose des problèmes pratiques pour la diffusion continue à haut débit.

Le format compact des carillons électroniques sans fil limite l'encombrement et le gain des antennes. Dans la mesure où les consommateurs peuvent difficilement choisir l'emplacement d'installation de leur visiophone, et où la plupart des installateurs préfèrent éviter de placer le routeur Wi-Fi à proximité de la porte, il incombe aux ingénieurs de conception de sélectionner un microcontrôleur Wi-Fi qui présente une bonne sensibilité au niveau des récepteurs et un bruit de phase réduit, afin de fonctionner dans des zones où la réception est mauvaise. Typiquement, un visiophone a besoin d'une d'une bande passante d'au moins 1 Mbit/s ; mais pour un appareil haut de gamme ou qui souffre d'une mauvaise connexion, ce chiffre peut atteindre 3 Mbit/s.

Le recours à un dispositif d'antenne sophistiqué sur circuit imprimé ou à un module d'antennes dans un boîtier (Antenna in Package) est susceptible de limiter la dégradation des performances de la bande passante due aux matériaux de construction ou à un mauvais placement du visiophone. D'autre part, la grande efficacité des puces Wi-Fi ou des microcontrôleurs dotés de modules Wi-Fi front-end améliore la réception et la transmission des signaux, de manière à respecter les limitations imposées par la répartition de la puissance.

Il est plus difficile d'intégrer une batterie de secours à un produit que d'associer à la batterie un commutateur de détection de basse tension. Les questions de charge, de décharge et de maintenance doivent également être prises en compte. En raison du format compact des visiophones, on peut penser que la plupart des fabricants opteront pour une batterie lithium-ion (Li-ion) ou nickel-

hydrure métallique (Ni-MH). Parmi les technologies les plus courantes, les batteries Li-ion font partie des meilleures en termes de densité énergétique. Mais elles sont aussi très sujettes aux dégradations de performances liées à un fonctionnement à haute ou basse température. Les batteries Ni-MH, quant à elles, présentent des problèmes d'autodécharge excessive. D'autre part, en l'absence de contrôleurs de charge et de décharge supplémentaires pour surveiller la température, les éléments composants les batteries Li-ion présentent un risque de surchauffe pendant ces phases. Puisque la régulation thermique des batteries dépend des conditions extérieures (et principalement de la température et de l'humidité), il peut être recommandé d'intégrer des fonctions d'estimation basées sur des algorithmes complexes ou encore sur l'apprentissage automatique pour identifier les meilleures conditions de charge et de décharge pour chaque configuration.

S'il est possible de suivre, voire d'identifier des objets statiques ou en mouvement, les circuits et algorithmes de traitement des images capables de le faire en temps réel nécessitent une technologie de haute puissance. Cette solution n'étant pas toujours la mieux adaptée, de nombreux fabricants de visiophones préfèrent utiliser plusieurs technologies de détection de mouvement en synergie avec les systèmes de traitement des images. De ce point de vue, les détecteurs à infrarouges passifs et, plus récemment, les détecteurs à ondes millimétriques sont des solutions viables, susceptibles d'être combinées à un détecteur de mouvement sur des séquences vidéo. En mode d'exploitation passif, elles assurent des économies d'énergie substantielles. D'autre part, les méthodes de détection de mouvement basées sur le traitement des images tendent à être peu efficaces sur les longues distances, lorsque la résolution n'est pas suffisante pour garantir un haut niveau de fiabilité. Les détecteurs à ondes millimétriques et à infrarouges, eux, couvrent plusieurs mètres en mode passif. De surcroît, les premiers, utilisés notamment dans les radars monopuces des automobiles, détectent rapidement et précisément les objets et les mouvements.

Souvent, on juge les visiophones sur leur capacité à capter clairement les signaux audio voulus. Il est donc essentiel qu'ils sachent déterminer la position du locuteur ou de l'événement par rapport à la porte, notamment parce que les phénomènes de bruit de fond et les perturbations extérieures sont très courants en zone urbaine (voire en zone rurale). Or, même dans des conditions idéales, un visiophone ne peut pas discerner tous les scénarios possibles. Le recours à des fonctions d'identification de la direction d'arrivée du son minimise alors l'impact de ce fond sonore pour traiter en priorité les signaux émis par la source principale.

Diverses méthodes permettent d'atteindre cet objectif : des systèmes à micros directionnels, la formation de faisceaux (ou beamforming) sur des réseaux d'antennes, ou encore des réseaux de microphones configurés pour capter les ondes en champ lointain plutôt qu'en champ proche. Chacune pose des problématiques spécifiques, impliquant généralement le recours à des micros et à des circuits supplémentaires pour traiter le son en temps réel. Le détail des circuits qui rassemblent plusieurs signaux émis par différents microphones pour déterminer la bonne dynamique de traitement revêt une importance cruciale. C'est particulièrement vrai dans les environnements urbains, bruyants et composites, dans lesquels un volume considérable de bruit de fond se propage dans l'air vers les microphones et le boîtier du visiophone.

Enfin, les fausses alertes et les failles de sécurité représentent un défi considérable pour tous les fabricants. De nombreux testeurs se plaignent que les gros camions, les objets très réfléchissants, voire même les voitures ou les publicités (notamment lorsqu'elles comportent des visages humains) sont susceptibles de déclencher une alarme ou une sonnerie. De telles erreurs sont généralement considérées comme des nuisances. Pour en réduire le nombre, il faut des fonctions d'intelligence artificielle et d'apprentissage automatique plus sophistiquées au service du traitement des images, des scénarios d'alimentation efficaces et dynamiques, et si possible des modes d'exploitation capables de prendre en compte l'environnement dans lequel le visiophone est installé. D'autre part, la fusion des capteurs avec divers algorithmes de détection de mouvement et des systèmes de traitement audio peut servir de base pour examiner, identifier et éliminer les fausses alertes. Une application intelligente pourrait même offrir aux utilisateurs la possibilité de participer à améliorer les algorithmes en confirmant que telle ou telle sonnerie était un faux positif, permettant ainsi à leur visiophone de s'adapter plus précisément à son environnement.

Conclusion

À mesure que la concurrence se développe et que les consommateurs se familiarisent avec les visiophones, les fabricants doivent diversifier leur offre en proposant des fonctionnalités avancées et des designs innovants. Le défi n'est pas nouveau : assurer de meilleures performances sur des appareils plus petits, moins coûteux, pratiques et faciles à intégrer aux infrastructures domotiques. Pour le relever, beaucoup font le choix de microcontrôleurs ultra-intégrés, dotés de fonctions Wi-Fi et de capteurs avancés, qui renforcent les performances de traitement vidéo et audio de leurs algorithmes d'intelligence artificielle et d'apprentissage automatique.

Ressources complémentaires

- Consulter les ressources de TI sur les visiophones
- En savoir plus sur la « nouvelle ère du traitement de la parole »
- Découvrir les trois principales caractéristiques à prendre en compte dans la conception d'un visiophone