

# 9<sup>è</sup> Workshop TC2

## Smart Cities

16 de gener de 2020 - 10h  
Sala d'actes de l'EPSEM, Manresa

*Presentació dels treballs realitzats pels alumnes del Grau en Enginyeria de Sistemes TIC, en el marc de l'assignatura de Tecnologies Complementaries*



### Comitè Tècnic

Jordi Albiol, EMIT, UPC  
Victor Barcons, EMIT, UPC  
Marc Bernadich, OE, UPC  
Jordi Bonet, EMIT, UPC  
Ilker Demirkol, EMIT, UPC  
Margarita Domenech, MAT, UPC  
Teresa Escobet, EMIT, UPC  
Rosa Giralt, EMIT, UPC  
Inmaculada Martínez, EMIT, UPC  
Xavier Moncunill, EMIT, UPC  
Pere Palà, EMIT, UPC  
Marc Antoni Soler, EMIT, UPC  
Marta Tarrès, EMIT, UPC  
Jesús Vicente, EMIT, UPC  
Sebastia Vila, EMIT, UPC

### Organització

Joan Martínez, EMIT, UPC

### Treballs Realitzats

#### Gestió Intel·ligent de Línies d'Autobús

J. Bello, R. Escudero, A. Izquierdo, P. Susín, A. Vilarrubia

#### Botigues de pagament automàtic

A. Beltrà, M. Marcé, A. Puiggros, P. Recolons, J. Serra

#### Lectura, anàlisis i actuació de les Smart Cities en vers la contaminació atmosfèrica

H. Cadevall, F. Feixas, M. Jofre, E. Ros, A. Torras

#### Sistemes de detecció de vehicles i aplicació en ciutats intel·ligents

Y. Limam, E. Martí, S. Tienda, I. Vázquez

#### Smart Grids: Control i Emmagatzematge

J. Amenós, AA. Duma, T. Gallardo, J. Panadés, A. Soldevila

#### Privacitat de les dades en Smart Cities

S. Fígols, A. Martínez, BA. Muñoz, MA. Román

#### Videovigilància a les Smart Cities

J. Boixader, I. Chamero, M. López, M. Safont, J. Segura







# Gestió Intel·ligent de Línies d'Autobús

Joan Bello<sup>1</sup>, Roger Escudero<sup>2</sup>, Arnau Izquierdo<sup>3</sup>, Pau Susin<sup>4</sup>, Albert Vilarrubla<sup>5</sup>

*#Enginyeria de Sistemes TIC, EPSEM, UPC*

<sup>1</sup>joan.bello@estudiant.upc.edu

<sup>2</sup>roger.escudero@estudiant.upc.edu

<sup>3</sup>arnau.izquierdo@estudiant.upc.edu

<sup>4</sup>pau.susin@estudiant.upc.edu

<sup>5</sup>albert.vilarrubla@estudiant.upc.edu

**Resum:** El desenvolupament de les noves tecnologies augmenta de manera constant i això fa que sistemes que gestionen les línies d'autobús es vegin obligats a fer canvis i millores per procurar que aquests siguin més eficients, flexibles, amb majors prestacions, i això s'aconseguirà dotant-los de major intel·ligència. Per tal de gestionar les línies d'autobús de forma intel·ligent, són diverses les opcions a tenir en compte: dur a terme un sistema on es pugui escollir entre utilitzar una línia genèrica (amb parades intermèdies) o bé una línia especialitzada (directa al destí desitjat); informar de l'estat de les línies per saber quins autobusos van més plens o més buits; informar en temps real de l'ocupació del bus; semàfors intel·ligents; l'ús variat de la quantitat d'autobusos en servei; marquesines intel·ligents i, per últim, rutes dinàmiques. És important també, el disseny de recorregut i freqüència de les línies, per tal que tot actuï de forma eficaç.

## I. INTRODUCCIÓ

La paraula *smart* es veu traduïda al català com intel·ligent, tot i que depenent de l'àmbit per al qual s'utilitzi, podem entendre-la de maneres diferents. Tractant del transport públic, se sol associar principalment amb els adjectius còmode i eficient. En el context de les *smart cities* és necessari que el transport públic s'adapti als canvis que aquestes suposen. Per tant, en l'àmbit de les xarxes d'autobusos s'analitza quins són els factors mitjançant els quals es pot millorar, innovar o plantejar alternatives en el sector del servei de línies d'autobusos per tal que aquestes siguin *smart*. L'estat actual de la tecnologia ha permès que en el transport públic, en aquest cas en les línies d'autobús, ja s'hagin implementat algunes millores, però els canvis més importants són els que es podrien arribar a donar, és a dir, els que estan per venir en el futur.

## II. POSSIBLES ALTERNATIVES DE MILLORA

Per tal de realitzar una gestió intel·ligent de les línies d'autobús, són diverses les opcions que cal tenir en compte per tal de poder millorar aquest servei. Aquestes es podran veure beneficiades d'aspectes força nous en l'àmbit de la tecnologia, com la generació 5G de tecnologies de comunicació sense fils que permetrà enviar i rebre dades a més velocitat, fet que beneficiarà en la informació en temps real.

### A. Línies especialitzades i genèriques

Per millorar la planificació dels horaris, una opció és realitzar una separació en les línies. La idea és que per anar d'un punt A a un punt B, es disposi d'una línia que vagi directa al seu destí i d'una altra que realitzi diverses parades intermèdies. D'aquesta manera, es pot aconseguir que si a un usuari li interessa anar d'una punta de la ciutat a una altra, ho pugui fer en el menor temps possible sense necessitat que el trajecte s'allargui a causa de desviar-se per realitzar parades.

Amb aquesta implementació, es pot aconseguir una fluïdesa en les línies més utilitzades i evitar possibles excessos en l'ocupació dels seients disponibles en els autobusos [1].

### B. Informar de l'estat de les línies

Per a poder informar el client de l'estat del trànsit de les diferents línies d'autobusos que hi ha en una ciutat, una opció viable seria la implementació de càmeres a l'exterior del mateix bus, on mitjançant l'ús d'una aplicació o pàgina web els clients puguin veure aquestes càmeres, que mostrarien l'estat del trànsit o les incidències de la via pública, i farien decantar al client entre utilitzar una línia o una altra.

Basant-nos en aquesta idea, es podria dissenyar dins de la mateixa aplicació un sistema que informés el client de la ruta més ràpida segons la congestió del trànsit en estat real [2].

### C. Informació en temps real de l'ocupació

Per a informar a l'usuari l'ocupació del vehicle també es podria implementar l'ús de càmeres a l'interior del vehicle, on pugui veure's en temps real les places disponibles que conté. Un altre mètode diferent d'aquest, seria mitjançant el sistema de fitxatge on cada usuari hauria de fitxar a l'entrada i a la sortida del vehicle, posant un número a la part davantera del bus informant l'usuari les places que queden lliures [2].

### D. Semàfors intel·ligents

Per ajudar a una millor fluïdesa del trànsit, una opció és analitzar la quantitat de vehicles que circulen pels principals trams de carretera on hi ha semàfors per evitar embussos que provoquin que els autobusos arribin amb més retard a la seva destinació. D'aquesta manera, si s'implementa un sistema capaç de detectar en quins trams hi ha un volum més alt de

vehicles, a partir de l'ús de xarxes de sensors intel·ligents, es pot fer que el semàfor doni més prioritat a cedir el pas a aquests trams per reduir el més ràpid possible l'acumulació de vehicles.

S'ha de tenir en compte que la millora d'aquest aspecte no és només beneficiosa pel servei d'autobusos sinó pel transport de carretera en general.

Per una altra part, aquesta gestió es pot prioritzar a només el servei d'autobús. Per fer-ho, s'haurien d'instal·lar GPS a cada un dels autobusos. D'aquesta manera, si s'analitzen les dades de la posició geogràfica de cada un, juntament amb la informació del recorregut que han de fer, es pot crear un algoritme que s'encarregui de donar-los prioritat i així minimitzar encara més el temps que puguin tardar [3].

#### E. Ús variat de la quantitat d'autobusos en servei

Per evitar un excés o una escassetat en la quantitat d'autobusos en funcionament en una sola línia, s'hauria d'emmagatzemar en bases de dades centralitzades la informació referent a les hores i les èpoques en les quals s'ofereix el servei, juntament amb la freqüència de passatgers que els transiten, per poder analitzar el seu ús. D'aquesta manera, es pot augmentar o reduir la quantitat d'autobusos disponibles en cada moment per procurar assegurar que sempre s'ofereixi un servei suficient per als usuaris amb el mínim de possibilitats de problemes de saturació o d'autobusos sense utilitzar en una sola línia [4].

#### F. Marquesines intel·ligents

Per proporcionar un servei de transport intel·ligent, també s'ha de tenir en compte el lloc en el qual els usuaris hauran d'esperar que arribi l'autobús de la línia que tinguin intenció d'agafar. No n'hi ha prou amb oferir una zona per protegir-se dels canvis meteorològics amb llocs per seure i informació de tots els horaris. També hauria de proporcionar pantalles que proporcionin diversa informació sobre els propers autobusos que passaran per la parada amb una hora aproximada d'arribada, juntament amb la informació de l'estat de les línies i de l'ocupació dels diversos autobusos. D'aquesta manera els usuaris poden estar informats en tot moment de la informació rellevant a l'autobús que tinguin intenció d'utilitzar [2].

#### G. Rutes Dinàmiques

La possibilitat d'oferir rutes que puguin variar en funció de la demanda dels passatgers podria servir per a donar accés en transport públic a zones d'una ciutat intel·ligent on les rutes tradicionals no arribin, o no ho facin de forma directa. La idea de ruta dinàmica va més associada a altres transports, com seria el cas dels taxis. No obstant això, podrien ser substituïts per autobusos més petits que contaminarien menys i podrien tenir un cost econòmic inferior per als passatgers, incentivant així el seu ús. La principal limitació d'aquest plantejament és que aquests "minibusos" haurien de tenir un màxim de 8 passatgers, o del contrari passarien a ser legalment considerats

autobusos convencionals, que han d'estar subjectes a una ruta fixa [5].

### III. LES LÍNIES D'AUTOBÚS

L'operació d'un sistema d'autobusos té moltes solucions potencials d'acord amb les múltiples opcions de rutes i de freqüències de servei. En general, no és fàcil decidir quines són les més convenientes atès que, en termes simples, hi ha dos objectius principals en conflicte, a saber:

- Augmentar la Satisfacció dels Usuaris, és a dir, els usuaris de sistema d'autobusos desitgen emprar el menor temps en transportar-se. Això, per exemple, es pot aconseguir fent que la freqüència de servei de les rutes sigui més alta.
- Augmentar la Rendibilitat de l'Operador de Sistema, buscant amb això que els costos operacionals del sistema de transport siguin òptims, es pot aconseguir fent que la freqüència de servei sigui la més baixa possible.

Davant d'aquests dos factors es fa front dissenyant òptimament els recorreguts i les freqüències del transport públic col·lectiu urbà, que dona lloc al conegut TNDP (*Transit Network Design Problem*) [6]. Aquest problema es resol de forma aproximada mitjançant un algoritme basat en la metaheurística [7] GRASP (*Greedy Randomized Adaptive Search Procedure*) que consisteix bàsicament en construir solucions aleatòriament, dins d'uns límits establerts [8].

Els algoritmes basats en aquesta tècnica són essencialment útils en situacions on no existeix una resolució o bé, aquesta precisa de molt temps de càlcul, també quan no és necessària una solució òptima, sinó una solució satisfactòria que orienti sobre el comportament del problema.

### IV. CONCLUSIONS

El transport públic cada vegada s'anirà veient més obligat a esdevenir *smart* i eficaç a causa de les noves tecnologies i l'augment de persones en les ciutats. Serà una necessitat en un futur molt proper fer un bon ús del transport públic per aconseguir que aquest funcioni correctament i amb l'efectivitat adient que permeti que aquest sigui una opció útil pels ciutadans. Per tant, una bona implementació intel·ligent de les línies d'autobusos serà important per permetre tant arribar al màxim de llocs possibles, com fer-ho en el mínim de temps. Aquesta implementació haurà de passar inevitablement per tot un seguit de millores, que en la seva majoria ja s'estan posant en pràctica per separat en diversos llocs, però cal realitzar-ne més per oferir un millor servei. Caldrà per tant dur-les a terme en qualsevol ciutat que aspiri a tenir una xarxa d'autobusos intel·ligent.

## REFERÈNCIES

- [1] Shimamoto, H., Jan-Dirk, S., & Kurauchi, F. (2012). Optimization of a bus network configuration considering the common lines problem (No. 12-1341).
- [2] Envira (2019, 6 setembre). Todo lo que pueden hacer los autobuses inteligentes en una smart city. Recuperat 10 desembre, 2019, de <https://enviraiot.es/autobuses-inteligentes-smart-city/>
- [3] Van Olst, R.; Matthew, B. & Counihan, J. (2007). An intelligent transport system for controlling traffic lights on bus-rapid transit (BRT) routes in Johannesburg. Recuperat el 5 de desembre, 2019, de <https://repository.up.ac.za/bitstream/handle/2263/6509/Bernath.pdf>
- [4] Ceder, A. (1984). Bus frequency determination using passenger count data. Transportation Research Part A: General, 18(5-6), 439-453.
- [5] Plummer, L. Próxima parada: ¿El autobús inteligente mantendrá a los viajeros diarios desplazándose por la ciudad conectada? Recuperat 10 desembre, 2019, de <https://www.intel.es/content/www/es/es/it-managers/smart-transport-connected-city.html>.
- [6] Transit Network Design Problem. (s.f.). Recuperado 11 enero, 2020, de <https://www.fing.edu.uy/%7Emauttone/tndp/main.htm>
- [7] Wikipedia contributors. (2019, 27 diciembre). Metaheurística - Viquipèdia, l'enciclopèdia lliure. Recuperado 11 enero, 2020, de <https://ca.wikipedia.org/wiki/Metaheur%C3%ADstica>.
- [8] METAHEURÍSTICA GRASP. (2019, 27 diciembre). Recuperado 11 enero, 2020, de <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/3888/fichero/cap3.pdf> (1-8)

Nom	Part del treball	Temps emprat	Com s'ha fet la cerca d'informació
Joan Bello	II.A, II.D, II.E, II.F	7h	Google i Google Acadèmic
Roger Escudero	Resum i I	5h	Google
Arnau Izquierdo	I i II.G	6h	Google
Pau Susin	III i IV	6h	Google Acadèmic
Albert Vilarrubla	II.B i II.C	6h	Google





# Videovigilància a les Smart Cities

Joan Boixader Garriga<sup>1</sup>, Ivan Chamero de la Rosa<sup>2</sup>, Marc López Arévalo<sup>3</sup>, Marc Safont Colet<sup>4</sup> & Jordi Segura Pons<sup>5</sup>

*#Enginyeria de Sistemes TIC, EPSEM, UPC*

[1jboixadergarriga@gmail.com](mailto:1jboixadergarriga@gmail.com)

[2ivanch2911@gmail.com](mailto:2ivanch2911@gmail.com)

[3marc.igualada2000@gmail.com](mailto:3marc.igualada2000@gmail.com)

[4marcsafontcolet@gmail.com](mailto:4marcsafontcolet@gmail.com)

[5jordisp09@gmail.com](mailto:5jordisp09@gmail.com)

*La videovigilància i sobretot les diverses implicacions d'aquesta en les smart cities és present en el nostre dia a dia, tot i que no sempre en som conscients. En el passat es realitzava senzillament amb càmeres de videovigilància tradicionals (CCTV) però poc a poc, aquestes han anat adaptant-se als nous temps. És per això que hem de conèixer d'on venim per saber on anem, i com hem arribat on som. A dia d'avui, superpotències mundials amb poblacions considerables han modelat la videovigilància al seu gust i li han donat un nou punt de mira amb l'ús de tecnologies impensables a principis de segle, com el reconeixement facial o la vigilància per drons. Per aquest motiu, el treball ofereix una visió sobre el passat de la videovigilància, sobre què ens trobem a l'actualitat, l'estudi de les tecnologies actuals i la cerca de noves aplicacions d'aquestes que ajudin sempre a millorar i facilitar la vida de l'ésser humà.*

## I. INTRODUCCIÓ

És previst que l'any 2050 un 66% de la població mundial visqui en zones urbanes, un 12% més que actualment, aquest inevitable increment de persones en les ciutats en els propers anys requereix un millor control i gestió de tots els afers inversos en la vida dels ciutadans [1].

És previst que l'any 2050 un 66% de la població mundial visqui en zones urbanes, un 12% més que actualment. Aquest inevitable creixement de població en les ciutats en els propers anys requereix un millor control i gestió de tots els aspectes immersos en la vida del ciutadà com en la seguretat i eficàcia de les pròpies ciutats [1]. Tot això i el gran desenvolupament tecnològic que està ocorrent actualment són els principals motius de la popularització de la seguretat en les smart cities i de la gran expectació que es té d'aquesta. Conceptualment una smart city és una ciutat on tots els elements estan interconnectats i constantment rebent i processant informació.

Això és aconseguit a través de tot tipus de sensors i de càmeres i el IoT és a dir el "Internet of Things" (La internet de les coses) que representa la capacitat d'interconnexió d'una agrupació de dispositius. Entre tots els objectius de les smart cities, n'hi ha diversos que destaquen especialment sobre els altres i que la gran majoria de les ciutats del món prioritzen, la seguretat és un d'ells. És aquí on la implementació d'una xarxa de càmeres de videovigilància té una funció rellevant.

La constant gravació d'alta qualitat de punts conflictius o molt transitats pot millorar en varis aspectes la seguretat dels ciutadans. És per això que durant el treball s'analitzarà el perquè de la videovigilància, quan sorgeix i quines són les principals ciutats pioneres amb la seguretat, veient i estudiant

els seus nous models i aplicacions d'aquesta i poder donar una visió de cap a on s'encara el futur de la videovigilància.

## II. LA NECESSITAT DE LA VIDEOVIGILÀNCIA A LES SMART CITIES

La videovigilància a les Smart Cities, és una de les millors opcions que es perfilen a l'hora de poder controlar les activitats, i fer-les més segures, de més de set mil milions i mig de persones, i en tendència alcista i interrompuda, al planeta. Poder identificar possibles activitats delictives, prevenir possibles accidents o donar una resposta d'auxili optimitzada en condicions d'emergència, entre altres aspectes, és possible i realitzable gràcies als sistemes intel·ligents de videovigilància. Les possibilitats que ofereixen imatges constants de qualsevol punt de la ciutat a tota la gent encarregada, tant de la seguretat com les emergències, són in comptables. El fet de ser coneixedor total d'una situació permet una optimització i acceleració de qualsevol actuació.

Un dels grans reptes que s'ha trobat, ha sigut el d'implementar la videovigilància sense violar la intimitat i sense que es produeixin casos d'ús inadequat. Però ja hi ha llocs on les càmeres fa temps que hi són instal·lades com pot ser el cas de Barcelona amb les càmeres IP o Londres, pionera en la videovigilància per controlar els delictes de la ciutat o Xina que actualment conta amb més de 200 milions de càmeres en tot el territori.

Segons Sánchez Martos, Conseller de Sanitat a Espanya, el temps de resposta d'una ambulància a la ciutat de Madrid és de 19 minuts [2], un temps que es situa per sota l'exigut en zones urbanes però que segueix sent un temps elevat en condicions de vida o mort. És per això que la videovigilància pot aportar informació essencial per poder reduir encara més aquest número.

## III. LES CCTV

Un CCTV (closed circuit television), consta d'una sèrie d'equips connectats que generen un circuit d'imatges només visible per un grup de persones.

La funció d'aquestes és clara però la forma d'actuar és molt diversa. A dia d'avui, moltes comencen a gravar per detecció de moviment estalviant memòria d'emmagatzematge.

### A. Components del Sistema de Videovigilància

Les càmeres que s'encarreguen de la videovigilància de la ciutat, està formada de diversos components. S'ha pogut observar que, la part més important és el tipus de sensor, entre els que podem destacar els sensors de tipus CCD i els de tipus CMOS.

La funció dels sensors és la d'acumular càrrega elèctrica en cada cel·la de la matriu que forma el sensor, aquestes cel·les són les que es coneixen com a píxels. La càrrega elèctrica de cada píxel depèn de la quantitat de llum que aquest li arriba, de manera que com més llum hi arribi més es carregarà el sensor [3].

1) *Sensors CCD (Charged Couple Device)*: En el cas dels sensors CCD, aquest transformen la càrrega que arriba a les cel·les de la matriu (matriu uniforme) en voltatge, i treu un senyal analògic per la sortida, el qual serà passat a digital posteriorment. El convertidor analògic-digital és el que s'encarrega de transformar la informació que li arriba a les cel·les en dades. En l'aspecte del rang dinàmic [4], els sensors CCD són superiors als CMOS, també destaquen sobre els sensors CMOS en el soroll, pel xip extern que porten els sensors CCD.

2) *Sensors CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor)*: En el cas dels sensors CMOS, aquest tenen cel·les independents. La principal diferència respecte als sensors CCD, és que poden fer la digitalització dels píxels internament en els transistors que té incorporat cada cel·la, per aquest motiu no necessitem un xip extern. Els sensors CMOS ofereixen més qualitat d'imatge i són més econòmics, a part d'això, també són més sensibles a la llum i en condicions de poca llum es comporten millor, un altre aspecte en què són superiors és en el blooming [5].

### B. Aplicació de les Videocàmeres

1) *Videovigilància*: És el punt més utilitzat de les videocàmeres i per el qual es creia més útil a l'hora d'implantar-se. La principal funció és ajudar a detectar ràpidament emergències o crims i incrementar la eficàcia amb la que aquests són resolts. Pot resultar d'utilitat també en esdeveniments amb grans concentracions de gent com podrien ser manifestacions o festes per saber de forma més clara la distribució de persones i poder aplicar una millor estructuració de la seguretat.

Tot l'emmagatzemat d'informació també pot resultar de gran ajuda aportant material gràfic clar a casos legals ocorreguts en la via pública.

2) *Trànsit*: El principal canvi que volen aconseguir les smart cities en la mobilització és que sigui més neta. Així doncs per millorar l'estat del transport la implementació tant dels sensors com de càmeres de videovigilància és clau. Aquestes permeten la monitorització a temps real del transit per tal de poder proporcionar rutes alternatives informació d'accidents i places de pàrquing disponibles a

conductors per tal d'aconseguir una circulació més fluïda. Un altre dels usos clau de les càmeres en la circulació és la detecció de possibles conductors irresponsables. Aquest és un recurs que ja és utilitzat actualment i que permet trobar diàriament casos d'il·legalitats al volant com podria ser-ho l'excés de velocitat o conduir amb el mòbil.

### C. Evolució de la Videovigilància

1) *Deep Learning*: La vigilància és un procés monòton on l'efectivitat dels humans es veu molt reduïda al cap del temps. És per això que durant els darrers anys s'ha treballat en una tecnologia anomenada "deep learning".

Com es veu en la Fig. 1 les càmeres tradicionals s'han quedat enrere en la lluita pel futur de la videovigilància i ara mateix ens trobem en un punt on la tecnologia Deep Learning aconseguit anteposar-se a les aptituds de l'ésser humà.

La fiabilitat però encara no esta optimitzada i aquestes càmeres poden errar, al igual que qualsevol persona amb un període de temps [6].

La flexibilitat del Deep Learning permet entrenar al sistema per realitzar la tasca que el programador vol.

La funció desitjada en l'àmbit de la vigilància és la d'entrenar les CCTV amb tot el què comporten darrera seu per què aquestes siguin capaces de detectar anomalies, diferenciar a persones concretes i reportar-les immediatament a qui sigui necessari.

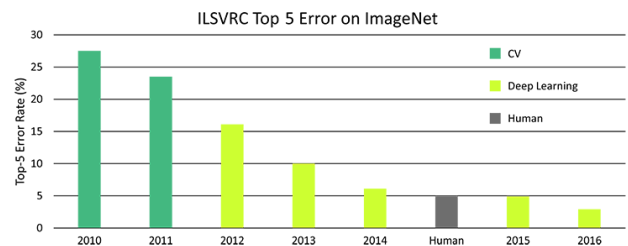


Fig. 1. Error sobre la base de dades de ImageNet respecte el temps per a persones, càmeres tradicionals(CCTV) i el Deep Learning [6]

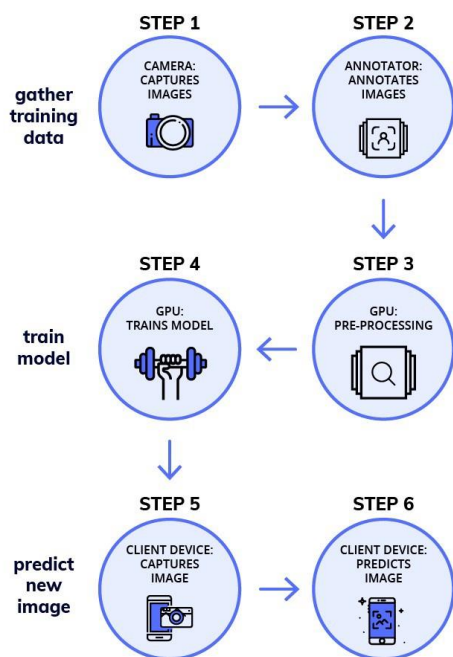


Fig. 2. El procés de treball involucrat en l'entrenament d'un model de detecció d'objectes [7]

En la Fig. 2 es veu esquematitzat com s'entrena al software perquè sigui capaç de reconèixer el què es desitja en la imatge presa per la càmera, en aquest cas una persona. Aquesta pràctica és molt utilitzada a dia d'avui a la Xina, on 8 de les 10 ciutats més videovigilades es troben en el territori asiàtic. En aquestes zones el reconeixement facial ja és molt normalitzat i cada cop més evolucionat, és per això que molts països ja estan començant a copiar la tecnologia pionera del xinesos. Ho fan mitjançant una base de dades amb cada ciutadà xinès, més d'un bilió, i són capaços de reconèixer a la persona en sí en menys de 5 segons. Tot i així, encara és molt complicat el reconeixement facial quan es porten màscares o quelcom que tapi la boca o l'expressió facial i s'està treballant en el reconeixement a l'hora de caminar i els patrons individuals que cadascú realitza.

2) *Drons de Vigilància*: La vigilància per drons, és l'ús de vehicles aeris no tripulats, que tenen la finalitat de recopilar informació sobre individus, grups d'individus o l'entorn, aquest permeten recopilar la informació sobre un objectiu capturat des de l'altura.

Gràcies a la seva petita mida i la seva gran resistència a entorns hostils, poden inspeccionar individus que no serien capaços de cap altra manera.

Els drons disposen de tecnologies de rastreig que fa que puguin detectar una persona en específic i seguir-la, integrant-se totalment en el medi per no ser detectats. Però s'ha trobat que, actualment els usos dels drons són

molt diversos, des de la recuperació de persones en desastres naturals fins a l'espionatge.

#### IV. IMPLANTACIÓ A LES SMART CITIES

El que s'ha pogut observar és que a les àrees públiques on hi ha les càmeres de vigilància, podem trobar també sensors, els quals ajuden a recaptar major informació i partir d'aquesta es poden fer grans bases de dades i idear perfils i situacions amb l'objectiu de prevenir activitats delictives, però també per poder optimitzar el trànsit o l'ús eficient de l'energia entre altres coses.

Tot i així, a Londres, la ciutat europea amb més càmeres per 1000 habitants [8] on cada ciutadà és gravat de mitjana unes 300 vegades al dia i on el govern ha fet una despesa d'aproximadament de més de 800€ milions, no s'ha vist una millora evident de la seguretat del ciutadà.

Segons CSMonitor [9] només un de cada mil crims va ser solucionat per les CCTV al 2008. Tot i així, un article de recerca d'aquest mateix any demostra que durant els últims 40 anys es confirma una reducció dels crims, especialment en llocs d'espai tancat com els pàrquings [10]. Encara això, remarquen que la reducció de l'índex de criminalitat global degut a les CCTV és molt modest.

##### A. Implantació a Xina

En la Xina ja s'han instal·lat més de 200 milions de càmeres, proclamant-se així com una potència tecnològica en desenvolupament d'intel·ligència artificial. Aquesta inversió econòmica i tecnològica ha provocat innumerables controvèrsies en quan a l'ètica del procés del control ciutadà.

És així com la Xina degut a la seva massiva població, en el 2015 va llençar un programa anomenat SkyNet. Aquest programa consta de més de 20 milions de càmeres intel·ligents basades en el reconeixement facial i el machine learning, tot connectat amb la base de dades de tots els ciutadans que guarda la policia i que per fer-se una idea, el sistema és capaç d'ubicar algú en pocs segons. [11].

Un altre ús de les càmeres el qual el govern xinès ja ha implementat des de fa un parell d'anys és el sistema de crèdit social, un sistema que puntua el dia a dia del ciutadà xinès en base el seu comportament. Aquesta puntuació dona lloc a una sèrie de recompenses o de càstigs com l'impediment de sortir del país o la prohibició de la compra de bitllets de tren [12].

Es contempla que aquest sistema es reflecteixi en tot al país l'any vinent, quelcom impensable a la societat occidental per la vulneració òbvia dels drets individuals que representa.

##### B. Implantació a Londres

A nivell europeu Gran Bretanya és el país on hi ha hagut una major inversió en videovigilància i sobretot posant el focus a Londres. Es calcula que a principis de la dècada els ajuntaments britànics havien gastat uns 800M\$ en càmeres. La majoria situades en carrers molt transitats, en les estacions de metro o en edificis importants. Tot hi això, encara no es va aconseguir una implantació realment eficaç en quan a la reducció de crims delictius doncs s'estima que només 1 cas era resolt per cada 1000 càmeres [9].

Actualment el Regne Unit s'ha modernitzat i fa servir la majoria dels aspectes previs esmentats en el gegant xinès, com la intel·ligència artificial, el reconeixement facial o el machine learning. Tot i així, una start-up londinenca ha desenvolupat un software capaç d'analitzar o predir les emocions dels grups de persones. Aquest nou programari aplicable a les CCTV seria capaç de detectar l'estrès o el cansament dels treballadors, quan un grup de persones en lloc compromès és propens a tornar-se violent i generar disturbis o simplement de donar una segona opinió al propietari d'un restaurant sobre si els clients han gaudit l'estància.

Això és possible gràcies a la detecció i la interpretació de gests facials, corporals i interaccions amb altres persones o objectes. No cal esmentar que ens trobem en un punt on la intel·ligència artificial evoluciona a passos de gegant i això preocupa a molta gent doncs és evident que s'estan sobrepasant límits ens els drets individuals i la gent cada vegada més s'oposa a aquesta línia d'evolució i desenvolupament tecnològic [13].

## V. CONCLUSIONS

Al llarg de l'article s'ha volgut presentar una visió de les diferents aplicacions i usos de les càmeres en la nostra societat en un passat i en el present. S'ha volgut explicar el funcionament de les CCTV d'una manera clarivident i magnificar l'ús cada cop més extens d'aquestes en els territoris més desenvolupats. Es veu com grans potències mundials ja han evolucionat les seves tecnologies i en fan ús quotidià per millorar serveis i oferir-ne de nous als ciutadans.

S'ha fet èmfasi sobretot en aquestes tecnologies d'evolució vertiginosa i com la programació juga un paper clau a dia d'avui, sent el Machine Learning i el Big Data quelcom essencial per la vigilància en les Smart Cities que es veu explicat a la part final del treball.

## REFERÈNCIES

- [1] (09/10/2018). *La necesidad de la videovigilancia en ciudades inteligentes*. <https://covertsecurity.es/videovigilancia-ciudades-inteligentes/>
- [2] (22/12/2016). *Tiempo de respuesta a la emergencia*. <http://observatorioresultados.sanidadmadrid.org/SummaFicha.aspx?ID=173>
- [3] R. Junghans. *Componentes i característiques de un Sistema de CCTV*. [http://www.rnds.com.ar/articulos/037/RNDS\\_140W.pdf](http://www.rnds.com.ar/articulos/037/RNDS_140W.pdf)
- [4] (2003 - 2004). *Llevando la Teoría a la Práctica: Tutorial de Digitalización de Imágenes*. <http://preservationtutorial.library.cornell.edu/tutorial-spanish/prefaci.html>
- [5] Thomas J. Fellers and Michael W. Davidson. (27/07/2012). *Concepts in Digital Technology: CCD Saturation and Blooming*. <https://hamamatsu.magnet.fsu.edu/articles/ccdsatandblooming.html>
- [6] Recker S., Gribble C. (2017). *Real-Time, In Situ Intelligent Analytics: Harnessing The Power of GPUs for Deep Learning Applications*. <https://www.dsiac.org/resources/journals/dsiac/winter-2017-volume-4-number-1/real-time-situ-intelligent-video-analytics>
- [7] R. Bharath. (2018). *How to Automate Surveillance Easily with Deep Learning. The workflow involved in training an Object Detection model*. <https://nanonets.com/blog/how-to-automate-surveillance-easily-with-deep-learning/>
- [8] *CCTV Cameras by City and Country*. <https://docs.google.com/spreadsheets/d/1bKBFiVXNzrgtW95j66Tpcj2OYmL-Gj-mKxvVvEN8af8/edit#gid=0>
- [9] Evans. I. (22/02/2012). *Report: London no safer for all its CCTV cameras*. <https://www.csmonitor.com/World/Europe/2012/0222/Report-London-no-safer-for-all-its-CCTV-cameras>

- [10] Eric L. Piza, Brandon C. Welsh, David P. Farrington & Amanda L. Thomas. (24/03/2019). *CCTV surveillance for crime prevention: A 40-years systematic review with meta-analysis*. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/1745-9133.12419>
- [11] Álvarez. R. (27/09/2017). *20 millones de cámaras equipadas con intel·ligència artificial hacen que China sea el verdadero 'Gran Hermano'*. <https://www.xataka.com/privacidad/20-millones-de-cameras-equipadas-con-inteligencia-artificial-hacen-que-china-sea-el-verdadero-gran-hermano>
- [12] I. Rubio. (24/12/2018). *Así es el sistema con el que China puntúa a sus ciudadanos y les asigna castigos y recompensas*. <https://www.xataka.com/privacidad/asi-sistema-que-china-puntua-a-sus-ciudadanos-les-asigna-castigos-recompensas>
- [13] Blunden M. (16/12/2019). *A London start-up is developing CCTV cameras that can 'read' emotions of people in crowds*. <https://www.standard.co.uk/tech/cctv-cameras-that-can-read-emotions-of-people-in-crowds-a4314311.html>

## ANNEXA

Inicialment es va realitzar una distribució equitativa de la recerca d'informació i redacció de les primeres idees, seguidament cadascú va realitzar un escrit de la seva part.

Marc Safont: Introducció, videovigilància, implantació a Londres, annex, resum i revisió treball (6 h).

Ivan Chamero: Components del sistema de videovigilància, drons, estructuració, organització del document, referenciació de les referències, revisió treball i revisió treball 2 (7 h).

Jordi Segura: Implantació a Xina, deep learning, correcció ortogràfica, gramatical, conclusions, revisió treball i revisió treball (7 h).

Marc Lopez: La necessitat de videovigilància a les smart cities (2:30 h)

Joan Boixader: Trànsit, Londres (2:30 h).

# Smart Grids: Control i Emmagatzematge

Jordi Amenós Serena<sup>1</sup>, Andrei Alexandru Duma<sup>2</sup>, Toni Gallardo<sup>3</sup>, Jordi Panadès Closes<sup>4</sup>, Arnau Soldevila<sup>5</sup>

<sup>#</sup>*Sistemes TIC, EPSEM, Universitat Politècnica de Catalunya*

<sup>1</sup>jordi.amenos@estudiant.upc.edu

<sup>2</sup>andrei.alexandru.duma@estudiant.upc.edu

<sup>3</sup>toni.gallardo@estudiant.upc.edu

<sup>4</sup>jordi.panades.closes@estudiant.upc.edu

<sup>5</sup>arnau.soldevila@estudiant.upc.edu

Paraules Clau: *Smart City, Energia, IoT, Smart Grid, HVDC, ESS, EPT*

**Resum**—Les Smart Grids són la resposta als diversos problemes actuals de les xarxes elèctriques i l'impacte que tenen en el medi. Les Smart Grids es caracteritzen per la implementació d'un sistema intel·ligent i dinàmic que millora el rendiment i l'eficàcia de la xarxa. Per tal d'assolir-ho, un seguit de canvis en el model actual i poc modernitzat són necessaris: el control de les diverses fases de generació, transport i consum d'electricitat; nous sistemes d'emmagatzematge massiu i local; i, la remodelació de la forma de consumir i conseqüentment de producció.

## I. INTRODUCCIÓ

Una *Smart City* (SC, Ciutat Intel·ligent) és una zona urbana que a través de diferents sensors d'Internet de les Coses (IoT, *Internet of Things*) recol·lecta i analitza dades per tal de gestionar recursos i serveis de forma eficient [1].

Un gran bloc dins les SC és la gestió de l'energia, que sorgeix com a resposta a l'increment constant del consum d'electricitat, i conseqüentment l'increment de les emissions de CO<sub>2</sub> (diòxid de carboni) i altres gasos d'efecte hivernacle, degut al model de producció energètic clàssic.

Aquest canvi de model comporta noves adversitats. La xarxa esdevé més volàtil, la càrrega en aquesta esdevé més dinàmica i lligada als consumidors; poden aparèixer problemes en la generació alternativa si les fonts depenen de factors com el medi i/o clima. Per afrontar tots aquests reptes sorgeixen diverses solucions, les quals tractarem.

## II. SMART GRIDS

Un dels pilars de la societat actual, i cada cop més important, és l'electricitat assequible, accessible i fiable [2]. Des del descobriment i utilització de l'electricitat per Edison i Tesla (1880) la xarxa no ha variat gaire tot i beneficiar-se d'innovacions i millores. En essència, la xarxa està pensada per transportar grans quantitats d'electricitat des de les centrals, majoritàriament combustibles fòssils i nuclears, cap al consumidor i aparells, els quals no tenen o manquen d'informació sobre l'estat d'aquesta, el preu o si està sobrecarregada.

Les *Smart Grids* (SG, Xarxes Intel·ligents) són la solució a aquest model (Figura 1) [3]. Són la transició d'un model

unidireccional a un de bidireccional, tant d'energia com d'informació, i més dinàmic, el qual és més eficient i redueix costos. A més a més informa i aporta eines d'automatització als consumidors per avaluar i reduir de forma eficaç el seu consum i costos. També estan pensades per ser integrades de manera senzilla fonts d'energia renovables reduint així la producció energètica per combustibles fòssils, i d'aquesta manera, els gasos d'efecte hivernacle [4]. També és molt important preparar les SG per sustentar cotxes elèctrics, els quals són el futur de l'automòbil, i potencialment tenir-hi una "relació simbiòtica" (Vehicle to Grid) [5].

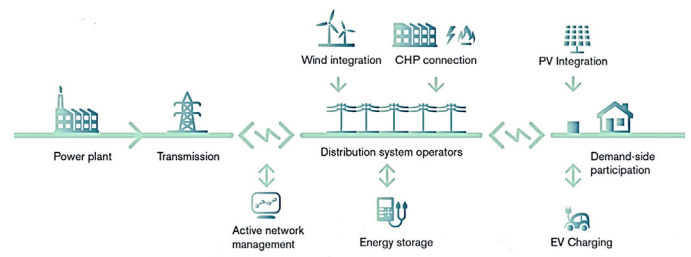


Figura 1. Esquema bàsic d'una Smart Grid.

### II.A. FUNCIONAMENT I CARACTERÍSTIQUES

La transició a una SG és inevitable, i molts països europeus i els Estats Units ja estan experimentant el canvi [6]. Això també és degut a l'edat que tenen moltes infraestructures. Per aquesta raó la generació i distribució d'electricitat de manera eficient i reduint costos també pot ajudar a minimitzar les despeses d'inversió. Hi ha diversos mecanismes que les SG implementen per assolir-ho [2].

La presència de sensors en la xarxa és quasi nula, això significa que el sistema es basa en estimacions de pèrdues al llarg de la xarxa. La implementació de sensors i sistemes de control permeten un control més dinàmic del voltatge i la potència reactiva, reduint una mica el consum.

Un altre gran problema del model actual és la seva ineficiència a causa de que la generació i transport estan únicament pensats per assolir la demanda quan hi ha pics. A aquesta naturalesa s'hi combina el fet que els pics són curts, ocupen poques hores del dia, són un petit percentatge al llarg

de l'any i que poden doblar la demanda entre tarda i nit, o estiu i hivern. Un estudi estima que “en molts sistemes elèctrics, 10% o més del costos de generació d'electricitat estan incorreguts per assolir els nivells de demanda que succeeixen menys de un 1% dels cops.” [7].

Aplicant sistemes intercomunicats que intercanvien informació es pot reduir el consum en hores punta i desplaçar-lo en hores baixes aconseguint així una demanda més plana [2, 8]. Aquest concepte no és pas nou, ja que és similar al que s'utilitza en xarxes de comunicació per gestionar hores punta o baixes.

L'ús eficient de l'electricitat també és molt important. Actualment el seu consum es pot agrupar en residencial, comercial i industrial, els quals aproximadament són un terç del total cadascun. L'automatització i la tecnologia de la informació fa molt temps que s'aplica en el sector industrial i del comerç per reduir la càrrega, en canvi s'ha utilitzat molt poc en el residencial. Degut a la manca d'eines i informació, els consumidors no dediquen la seva atenció a saber quin consum en fan. L'ús de comptadors intel·ligents, que podem mesurar a temps real el consum, i electrodomèstics “intel·ligents”, que responen a senyals, permeten tenir un sistema òptim reduint costos, consum eficaç i consum en hores punta.

Un estudi apunta que un 41% del CO<sub>2</sub> de causa humana als Estats Units és degut a la generació d'electricitat [9]. Una altre conclou que si la xarxa fos només un 5% més eficient, la reducció en emissions equivaldria a eliminar permanentment a 53 milions de cotxes [10]. L'aparició del cotxe elèctric (EV, Electric Vehicle) també és un factor a considerar, ja que a mesura que substitueix els de combustible serà una càrrega major. Una bona gestió implicarà carregar-los en hores baixes, per exemple durant la nit.

Finalment, la creació d'estàndards a nivell internacional, nacional i regional és essencial ja que la SG és un model més dinàmic que està format per múltiples fonts, petites o grans. L'estàndard facilita la gestió i control de les xarxes, redueix els costos d'inversió, que es veuen reflectits en els consumidors, i facilita la relació entre empreses, la qual és encara més necessària que abans al estar tot interconnectat. L'estàndard és el que engloba i lliga la resta de punts.

Des de fa temps ja hi ha hagut projectes i entitats que han treballat sobre aquesta línia, un dels més importants sent el International Smart Grid Action Network [11].

### III. SISTEMES DE TRANSMISSIÓ

Els Sistemes de Transmissió Elèctrica (EPT, Electrical Power Transmission) són tan importants com els Sistemes d'Emmagatzematge d'Energia (ESS, Energy Storage Systems) ja que són les artèries de la SG. Fins a l'aparició de la comunicació bidireccional de la xarxa, només s'havia de prioritzar l'eficiència i la reducció de caigudes de potència. Ara, amb les ESS, la SG, i l'increment de la càrrega i variació, s'ha produït una necessitat per la recerca, desenvolupament i innovació en els EPT [12].

Els EPT que podem trobar són el corrent continu d'alta tensió (HVDC, *High Voltage Direct Current*) i el corrent altern d'alta tensió (HVAC, *High Voltage Alternating Current*). Tots dos es caracteritzen per l'ús de línies de transmissió d'alta tensió, però s'ha demostrat en varis articles els avantatges del HVDC respecte del HVAC [13]. Són preferits en SG especialment per a distàncies superiors a 700 km pel seu reduït preu, rendibilitat millorada, estabilitat i eficiència envers el HVAC. A més de poder desplegar el cable per vies marítimes gràcies a la seva reduïda capacítancia entre conductors. En SG, l'ús de HVDC permet la integració de ESS de manera més senzilla, i s'han creat plans per la conversió d'AC a DC [14].

A la Xina s'ha construït la primera EPT de UHVDC (*Ultra HVDC*) de 1.100 kV amb una extensió de 3400 km entre Changji fins a Xuancheng, a prop de Hangzhou. Aquesta instal·lació pot transportar 12 GW, incrementant la capacitat de transmissió un 50% respecte l'antiga EPT de 800 kV [15].

### IV. TECNOLOGIES D'EMMAGATZEMATGE

En les SG, l'emmagatzematge és un punt essencial, també deguda a la implementació i ús d'energies renovables, les quals depenen del clima i es poden considerar “esporàdiques”.

Els sistemes d'emmagatzematge existents poden ser classificats en els següents grups, dels quals donem uns pocs exemples [16]:

- Sistemes mecànics: volants d'inèrcia, centrals hidroelèctriques reversibles, aire comprimit isotèrmica o adiabàticament.
- Sistemes elèctrics: condensadors, electroimants superconductors (SMES, Superconducting magnetic energy storage).
- Sistemes tèrmics: emmagatzematge de calor latent i sensible, calor química.
- Sistemes electroquímics: bateria d'ió de liti, redox de vanadi, de plom i àcid, supercondensador.
- Sistemes químics: pila de combustible d'hidrogen, ‘Power to X’.

Les diferències en capacitat d'emmagatzematge i de temps de resposta també són molt usades per classificar aquestes tecnologies (Figura 2) [17].

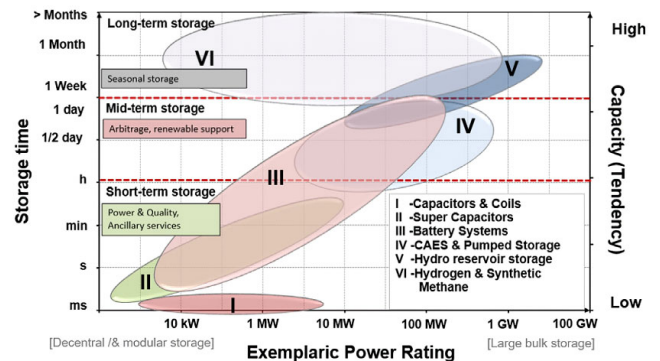


Figura 2. Classificació tecnologies d'emmagatzematge

## REFERÈNCIES

L'elecció de la tecnologia dependrà en cada cas de l'ús que se li vulgui donar a l'electricitat que emmagatzema, tenint en compte com a variables principals el número de cicles per unitat de temps, el temps de reacció, l'eficiència, el cost específic i, en les bateries, la profunditat de descàrrega. És important assenyalar la importància de que el sistema d'emmagatzematge sigui eficient en totes tres etapes del procés de càrrega: la càrrega (convertir energia), l'emmagatzematge (mantenir energia), i la descàrrega (convertir energia), doncs aquest serà un aspecte clau en les seves possibles aplicacions, especialment la capacitat de manteniment [18].

El concepte d'emmagatzematge en la xarxa de distribució elèctrica [19] respon gairebé sempre a la necessitat d'estabilitzar la quantitat d'energia entrant, sobretot davant una perspectiva d'energies renovables amb una producció molt inestable, emmagatzemant l'excés de producció per bolcar-lo a la xarxa quan la demanda sigui excessiva. Per a aquest propòsit s'usen les diferents tecnologies que hem anomenat seguint les següents directrius generals:

Per la regulació primària de la xarxa, exercint una funció d'estabilització i per tant requerint una resposta ràpida, i altres usos secundaris com el control de freqüències, s'utilitzen bateries, supercondensadors i tecnologies superconductores.

En períodes diaris, i amb l'objectiu d'igualar les corbes de generació amb les previstes de consum, es poden utilitzar sistemes com les centrals hidroelèctriques reversibles i l'aire comprimit, tot i que encara és possible l'ús de bateries potents com l'UltraBattery, un híbrid de bateries de plom-àcid amb supercondensadors asimètrics amb suficient potència, eficiència i longevitat com per poder gestionar els grans desequilibris d'una central renovable, però també velocitat com per poder ser utilitzada amb funcions de regulació a curt termini.

Per gestionar el flux d'energia a nivell estacional [20-21] el sistema més adient és el Power-to-x, que es basa en utilitzar l'energia elèctrica per sintetitzar productes químics altament energètics i poder emmagatzemar l'energia de manera física, augmentant molt l'eficiència d'emmagatzematge a llarg plaç. Posteriorment aquests productes poden ser utilitzats per reconvertir-los en electricitat o com a matèries primeres en processos industrials [22].

## V. CONCLUSIONS

Les Smart Grids són una bona solució per arribar a un model més dinàmic i amb control tant per les empreses com per als consumidors, permetent així una reducció del consum d'energia, el cost d'aquesta, les sobrecàrregues en hores punta i reduir l'impacte en el medi. Tot això és possible fer-ho implementant sensors i sistemes de control que conjuntament gestionen la xarxa amb paral·lel amb sistemes d'emmagatzematge. Tota la tecnologia necessària per fer el canvi a les Smart Grids ja existeix, només falta que les ciutats i països comencen a modernitzar els seus sistemes, cosa ja visible en moltes regions.

- [1] Albino, Vito & Berardi, Umberto & Dangelico, Rosa. (2015). Smart Cities: Definitions, Dimensions, Performance, and Initiatives. *Journal of Urban Technology*. 22. 2015. 10.1080/10630732.2014.942092
- [2] Arnold, G. (2011). Challenges and Opportunities in Smart Grid: A Position Article. *Proceedings Of The IEEE*, 99(6), 922-927. doi: 10.1109/jproc.2011.2125930
- [3] "Why Smart Grids?" Why Smart Grids? | E.DSO, 2019, [www.edsoforsmartgrids.eu/home/why-smart-grids/](http://www.edsoforsmartgrids.eu/home/why-smart-grids/).
- [4] Zhang, X., Pei, W., Deng, W., Du, Y., Qi, Z., and Dong, Z. (2015) Emerging smart grid technology for mitigating global warming. *Int. J. Energy Res.*, 39: 1742–1756. doi: 10.1002/er.3296
- [5] Y. Sun, H. Yue, J. Zhang and C. Booth, "Minimization of Residential Energy Cost Considering Energy Storage System and EV With Driving Usage Probabilities", *IEEE Transactions on Sustainable Energy*, vol. 10, no. 4, pp. 1752-1763, 2019. Disponible: 10.1109/tste.2018.2870561
- [6] M. Simoes et al., "Smart-grid technologies and progress in Europe and the USA", 2011 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition, 2011. Disponible: 10.1109/eccc.2011.6063795
- [7] WELLS, Jim; HAAS, Dan. *Electricity markets: consumers could benefit from demand programs, but challenges remain*. DIANE Publishing, 2004. [En línia]. Disponible: <https://www.gao.gov/assets/670/662032.pdf>
- [8] eMeter Corporation, "PowerCentsDC Program Final Report", 2010. [En línia] Disponible: [https://www.energy.gov/sites/prod/files/oeprod/DocumentsandMedia/D\\_C\\_OPC\\_Attachment.pdf](https://www.energy.gov/sites/prod/files/oeprod/DocumentsandMedia/D_C_OPC_Attachment.pdf)
- [9] U.S. Department of Energy, "U.S. Carbon Dioxide Emissions from Energy Sources 2008 Flash Estimate", Energy Information Administration, 2009. [En línia] Disponible: [http://earthguide.ucsd.edu/eoc/special\\_topics/teach/sp\\_climate\\_change/ppt/energy\\_use\\_may\\_2009.pdf](http://earthguide.ucsd.edu/eoc/special_topics/teach/sp_climate_change/ppt/energy_use_may_2009.pdf)
- [10] [https://www.energy.gov/sites/prod/files/oeprod/DocumentsandMedia/D\\_OE\\_SG\\_Book\\_Single\\_Pages%281%29.pdf](https://www.energy.gov/sites/prod/files/oeprod/DocumentsandMedia/D_OE_SG_Book_Single_Pages%281%29.pdf)  
*The smart grid*. [Washington, D.C.]: U.S. Dept. of Energy, 2008.
- [11] International Smart Grid Action Network (ISGAN), "Accelerating progress on key aspects of smart grid policy, technology, and investment", 2019. [En línia] Disponible: <http://www.cleanenergyministerial.org/sites/default/files/2019-06/ISGAN%20fact%20sheet%20%28June%202019%29.pdf>
- [12] W. Li, S. Gao, L. Ding, Z. Wang and Z. Liu, "Solutions for the Transmission and Storage of Electric Power", 2018 4th International Conference on Electrical Energy Systems (ICEES), 2018. Disponible: 10.1109/icees.2018.8443250
- [13] M. Gonzalez and M. Rios, "Comparison of HVDC-Grid and HVAC into Transmission Expansion Planning", 2018 IEEE ANDESCON, 2018. Disponible: 10.1109/andescon.2018.8564727
- [14] C. Peng and A. Huang, "Converting HVAC to HVDC grids: A novel switched conductor HVDC scheme", 2016 IEEE/PES Transmission and Distribution Conference and Exposition (T&D), 2016. Disponible: 10.1109/tdc.2016.7520008.
- [15] "World's first 1100 kV DC line will be constructed in China - Modern Power Systems", *Modernpowersystems.com*, 2016. [En línia]. Disponible: <https://www.modernpowersystems.com/features/featureworlds-first-1100-kv-dc-line-will-be-constructed-in-china-4991040/>
- [16] M. Baumann, M. Weil, J. Peters, N. Chibeles-Martins and A. Moniz, "A review of multi-criteria decision making approaches for evaluating energy storage systems for grid applications", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 107, pp. 516-534, 2019. Disponible: 10.1016/j.rser.2019.02.016
- [17] M. Baumann, M. Weil, J. Peters, N. Chibeles-Martins and A. Moniz, "A review of multi-criteria decision making approaches for evaluating energy storage systems for grid applications", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 107, pp. 516-534, 2019. Disponible: 10.1016/j.rser.2019.02.016

- [18] M. Sterner and I. Stadler, Handbook of Energy Storage, 2nd ed. Springer, 2019.
- [19] M. Baumann, M. Weil, J. Peters, N. Chibeles-Martins and A. Moniz, "A review of multi-criteria decision making approaches for evaluating energy storage systems for grid applications", Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 107, pp. 516-534, 2019. Disponible: 10.1016/j.rser.2019.02.016
- [20] J. Wood, "Integrating renewables into the grid: Applying UltraBattery Technology in MW scale energy storage solutions for continuous variability management", 2012 IEEE International Conference on Power System Technology (POWERCON), 2012. Disponible: 10.1109/powercon.2012.6401258
- [21] Hund, Thomas D., Clark, Nancy H., and Baca, Wes Edmund. Ultrabattery Test Results for Utility Cycling Applications.. United States: N. p., 2008. Web.
- [22] R. University, "Power-To-X: Entering the Energy Transition with Kopernikus", Rwth-aachen.de, 2016. [En línia]. Disponible: <https://www.rwth-aachen.de/go/id/kvyv/lidx/>



# Lectura, anàlisi i actuació de les Smart Cities envers la contaminació atmosfèrica

Helena Cadevall<sup>1</sup>, Ferran Feixas<sup>2</sup>, Marina Jofre<sup>3</sup>, Eric Ros<sup>4</sup>

*#Enginyeria de Sistemes TIC, EPSEM, UPC*

<sup>1</sup>helenacadevall@gmail.com

<sup>2</sup>ferran.f6f@gmail.com

<sup>3</sup>marinajofre@gmail.com

<sup>4</sup>eric.ros@gmail.com

**Resum**—La contaminació atmosfèrica i l'emergència climàtica que en deriva són fets cada vegada més evidents arreu de tot el món, i una de les solucions més plausibles a aquest canvi climàtic a gran escala prové de l'aplicació del model *Smart City*, ja que aquest nou paradigma urbà es basa en diferents aplicatius tecnològics per a fer front a problemàtiques de gran abast social com aquesta emergència climàtica. En aquest article es posen en comú els diversos processos de gestió mediambiental en aquest àmbit, des de com es rep la informació mitjançant sensors, la seva corresponent lectura i finalment, la conseqüent actuació per part de les diferents ciutats i governs envers al fenomen, tot aportant exemples actuals i futurs d'aplicacions i projectes emmarcats dins d'aquest àmbit.

## I. INTRODUCCIÓ

Des de la segona meitat del segle XX, les ciutats han experimentat un creixement exponencial tant en la seva massa urbana, com en la quantitat de residus que emeten com a conseqüència. Dins d'aquests residus, resulten particularment alarmants tots aquells que fan referència als contaminants atmosfèrics, degut a que en un context d'emergència climàtica, les ciutats de l'actualitat són una de les principals fonts de gasos d'efecte hivernacle com el CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, o l'ozó troposfèric[1]. Aquests gasos no només resulten nocius per l'ecosistema global, sinó que també pel propi ecosistema humà contingut dins la ciutat, el qual pot patir un increment significatiu en les afectacions respiratòries[2].

Davant d'aquesta problemàtica, i prenent com a referència la pujant tendència de l'automatització i computació dels processos urbans englobada dins de les anomenades *Smart Cities*, s'ha començat a desenvolupar un marc d'actuació per tal de poder limitar i exercir un cert control sobre aquestes emissions de gasos contaminants[3].

Aquest article, té com a objectiu central realitzar un estudi de la qüestió sobre com s'està actuant des del marc més local de les *Smart Cities* per a fer front a aquesta problemàtica d'abast global, estudiant des d'una perspectiva generalista les diverses implementacions tecnològiques plantejades; des de la seva

corresponent gestió i com aquesta pot ser usada paral·lelament tant per autoritats com per ciutadans, a exemples d'aplicació contemporanis i futurs.

## II. METODOLOGIA DE LA UTILITZACIÓ DE LES TECNOLOGIES SMART PER LA MONITORITZACIÓ DE LA CONTAMINACIÓ

Les tres fases que engloben la utilització d'aquestes tecnologies per tractar i usar les dades rebudes són: La recepció i lectura de dades, la transformació i enviament de dades i finalment, l'actuació gràcies a les dades[1].

### A. Recepció i lectura de dades

Les diverses tipologies de contaminants atmosfèrics són cada vegada més presents i en proporcions més elevades, i poden ser causats tant per processos d'origen plenament natural com per una constant acció antròpica. Aquesta concentració de contaminants pot ser preocupant, ja que una acumulació rellevant d'aquestes partícules pot tenir un efecte nociu en el medi ambient, en la salut i en el benestar dels organismes que l'habiten. És per aquest motiu, que la necessitat de control de la qualitat de l'aire ha augmentat progressivament en els darrers anys[4].

El control de la qualitat de l'aire és quelcom difícil d'implementar a causa del requeriment de l'efectiva instal·lació de múltiples fonts de dades, les quals sovint requereixen de la participació de les diferents xarxes i institucions ambientals d'un territori, fet que pot resultar complicat de gestionar logísticament. De la mateixa forma, aquest conjunt de reptes, requereixen d'equips i eines d'observació especialitzades en més o menys grau; incloent entre altres, xarxes de sensors, models de sistemes d'informació geogràfica (SIG) o el servei d'observació de sensors (SOS), un servei de tipologia web per consultar les dades captades per a aquest cúmul de sensors en temps real[5]. Resulten especialment útils per a la interpretació de dades de qualitat tots aquells models de dispersió de l'aire que combinen al mateix temps diversos tipus de dades, tals com topogràfiques, d'emissions, i meteorològiques. D'aquesta forma es permet exercir un nivell de control en diversos contextos, fet que permet extrapolar les múltiples dades que

ofereixen a un sol nexa d'informació de forma gairebé immediata. A nivell logístic, aquestes xarxes de monitoratge de qualitat, es poden trobar gestionades per diverses entitats, pels propis ciutadans[6]-[8], per agències reguladores de diversos àmbits, o bé investigadors [9]. La interpretació de dades de control de l'aire ambient sovint implica una consideració de la representativitat espacial i temporal de les dades recollides i els efectes sobre la salut associats a l'exposició als nivells controlats. És a dir, si la interpretació de les dades captades revela concentracions de múltiples compostos químics en certs indrets concrets, des d'aquest anàlisi se'n pot extreure una "empremta dactilar química" única associada a una determinada font de contaminació atmosfèrica, fet que pot comportar un control i seguiment més òptim d'aquest contaminant per tal de que la seva concentració pugui ser reduïda progressivament amb les mesures adequades [10].

Un exemple d'aquests anomenats agents monitoritzadors és l'Agència Europea del medi ambient (EEA), la qual s'encarrega de monitoritzar la concentració de diferents components a través de l'índex europeu de qualitat de l'aire. Aquesta monitorització es realitza amb l'objectiu principal de delimitar el líndar d'afectació dels contaminants específicats dins del seu marc d'actuació de la EEA, degut a que certs nivells de concentració poden esdevenir perjudicials per la salut humana. Alguns d'aquests components són[1]:

- Partícules fines: Causades per les emissions del tràfic i fàbriques.
- Partícules gruixudes: Causades per la trituració de certs materials.
- Ozó: Causat per la reacció de la interacció de la radiació solar amb altres components.
- Diòxid de nitrogen: Com a conseqüència de la circulació dels vehicles i les plantes de generació d'energia.

Depenent de les característiques particulars de cada ciutat, es decidirà quines d'aquestes emissions cal monitoritzar de forma més aïllada, o bé juntament amb altres variables [1].

### B. Transmissió i enviament de dades

Per tal que una ciutat pugui ser considerada com a "smart" és necessari que gran quantitat dels seus processos i dinàmiques de gestió internes siguin automatitzades mitjançant l'aplicació de diverses eines donades per les aplicacions TIC. En l'àmbit més sostenible d'aquestes *Smart Cities* això no és diferent, ja que la ràpida intervenció en l'anàlisi de dades provinents de les diverses xarxes sensorials pot ser clau per a la correcta gestió dels esforços en la reducció d'agents contaminants en certes àrees[11].

Aquesta recepció de dades es realitza en gran part a partir del que s'anomena com a *Big Data*[12]; una concentració de dades recol·lectades des de diversos àmbits que poden ser extrapolades a posteriori per tal de solucionar certes tipologies

de problemàtiques de forma molt concreta. El procés d'ús del *Big Data* en aquest àmbit és relativament senzill a causa que un dels avantatges de la recepció per sensors de les dades de contaminants atmosfèrics és l'ús del *Internet of Things*(IoT) que aquests utilitzen per a comunicar-se amb els usuaris. A partir d'aquesta funcionalitat, les dades s'agrupen en una base de dades d'abast municipal; una aplicació del *Big Data* per als processos municipals gestionada des del propi ajuntament, des d'on s'usen tècniques de *data mining*[2]. Per tal de poder extreure de forma íntegra aquestes dades amb l'objectiu que siguin analitzades, ja bé sigui per un equip de tècnics, o bé per un sistema automatitzat a partir de diversos *datasets* preconfigurats, com per exemple l'anomenat *CityPulse*, impulsat des de la comunitat de Brasov a Romania[12][13].

### C. Utilització i actuació

Si bé la recopilació de dades mitjançant la instal·lació de sensors en les *Smart Cities* és una part fonamental per al control de la qualitat de l'aire a les zones urbanes, més important és encara el com s'usen i com es manipula aquesta informació per tal de traduir-se en accions o mecanismes, que ajudin en la disminució de contaminació atmosfèrica i una millora en la qualitat de l'aire urbà. En aquest aspecte, actualment es treballa en quatre camps diferents: l'educació i conscienciació, la política, la recerca i els serveis d'informació.

#### (1), Educació i conscienciació

Actualment, degut en gran part a un context d'emergència climàtica crítica, és necessari educar i conscienciar a la població sobre la contaminació atmosfèrica i els efectes perjudicials que produeix en els éssers humans. A partir d'aquest objectiu de conscienciació ciutadana, es poden usar les diverses dades de la qualitat de l'aire obtingudes per les múltiples xarxes de sensors per tal de mostrar les variacions diàries i mensuals de la contaminació atmosfèrica de les seves zones residencials o de treball; els efectes de la contaminació atmosfèrica sobre la salut i el risc que comporta en el desenvolupament de malalties cardiorespiratòries, així com les mesures pràctiques que es poden dur a terme per tal de reduir aquests nivells de contaminació. Es creu que impulsant aquests tres pilars, es pot arribar a motivar una resposta adient en la reducció d'elements contaminants tant des d'un àmbit de la política pública, com de forma individual, amb l'objectiu final d'assolir un aire de qualitat que ajudi a la salut de les persones[14].

El *Common Information to European Air* és un projecte impulsat per la Unió Europea que inicià el 2004 i va concloure l'any 2007[15]. L'objectiu era contribuir i ajudar a les ciutats europees a desenvolupar eines i mètodes que permetessin gestionar la situació ambiental urbana i proveir d'un únic front d'actuació, tant per a professionals del sector com per a la ciutadania en general[16]. Així doncs, aquest projecte va detectar una necessitat d'informar de forma entenedora i fàcil a la població sobre la qualitat de l'aire per tal de que es

produís un canvi de comportament. Una de les eines més destacades resultants d'aquest projecte va ser el manual anomenat com a *Communicating Air Quality. A guidebook on communication with the public about air quality*, un manual pels ciutadans que conté informació explicativa i exemples pràctics sobre la qualitat de l'aire [17]. Per tal d'elaborar aquest document, es va recopilar tant informació pública com informes d'estat o d'actuació i es van analitzar les dades de qualitat de l'aire que s'havien anat recaptant.

Una altra iniciativa relacionada amb l'ús de dades de la qualitat de l'aire per a l'educació i conscienciació, és l'anomenat projecte *Aphekom*. Aquest, es va dur a terme entre el 2008 i el 2011 en 25 ciutats europees amb l'objectiu de determinar els costos i els efectes en la salut de la contaminació atmosfèrica, sobretot pel que fa a la contaminació generada pel tràfic[18][14]. Aquest projecte ha aportat informació que permet, als responsables de prendre decisions en aquest àmbit, crear polítiques més efectives i ajudar als professionals sanitaris per tal que d'aquesta forma, puguin aconsellar d'una manera més òptima en les seves decisions a tots aquells col·lectius o individus especialment vulnerables[14].

#### (2), Política

Pel que fa a les aplicacions en política, aquestes dades són d'ajuda a l'hora d'elaborar els plans de gestió de la qualitat de l'aire. Així doncs, a la hora de fixar els nivells màxims i els objectius a assolir en aquest camp, es fa ús de les dades de la qualitat de l'aire obtingudes pels sensors i es creen models de predicció per tal de donar explicació als episodis de contaminació o detectar els problemes més emergents i així, poder guiar les polítiques que han de solucionar aquestes problemàtiques[14].

Actualment, algunes ciutats o països com París[19] o Alemanya[20] ja utilitzen l'anàlisi de les dades de contaminació atmosfèrica per poder prendre mesures d'actuació. Alguns exemples d'aquestes mesures poden ser ordenar el tancament d'una fàbrica, la restricció del trànsit en certes àrees crítiques, o bé l'aplicació d'altres d'un caire més incentiu per tal que la població es vegi motivada a reduir l'ús de combustibles fòssils en l'àmbit domèstic de forma immediata, especialment en el cas que la mala qualitat de l'aire esdevingués un risc per la salut del ciutadà[14].

#### (3), Recerca

L'ús de les dades sobre la qualitat de l'aire ha servit en l'àmbit de la salut per tal de fer recerca epidemiològica i investigar els efectes que té la contaminació atmosfèrica en diversos aspectes de la salut, com ara la mortalitat[21][22], les afectacions cardiopulmonars[23], o bé altres efectes nocius[24]. Per altra banda, aquestes dades també permeten comprovar l'efectivitat de les regulacions mediambientals actualment implantades[25].

Alguns exemples de mesures dutes a terme gràcies a la recerca són la prohibició de la comercialització, venda o distribució de carbó a Irlanda[26][27], la reducció del contingut de sofre en els combustibles a Hong Kong[28], la reducció del trànsit durant els Jocs Olímpics d'Estiu de 1996 a Atlanta [29] o la taxa de tràfic anomenada *Congestion Charging Scheme* [30] imposada a Londres.

#### (4), Serveis d'informació

Els resultats obtinguts de mesurar la concentració de partícules contaminants i el monitoratge de la qualitat de l'aire són utilitzats per tenir informació en temps real i poder generar avisos de fenòmens potencialment perillosos per la salut humana de forma pública o per ser usada pels serveis de predicció del temps. Aquesta informació permet tant a individus com a organitzacions donar resposta en cas de ser necessari i per reduir l'impacte en la salut que pot tenir la contaminació atmosfèrica si aquesta ha sigut pronosticada. Així doncs, s'haurien d'avisar de la situació atmosfèrica als col·lectius sensibles als alts nivells de contaminació per tal de poder preparar-se adequadament per afrontar la situació i reduir així els efectes nocius que pugui provocar en la seva salut[14].

### III. EXEMPLES EN L'ACTUALITAT

#### A. Projecte "Rescatame"

El projecte europeu RESCATAME (Red Extensa de Sensores de Calidad del aire para una Administración del tráfico urbano Amigable con el Medio ambiente) finançat pel programa LIFE de Medi Ambient de la Comissió Europea, té l'objectiu d'aconseguir una gestió sostenible del trànsit a la ciutat de Salamanca, reduint els nivells de contaminació a través de dos elements clau, els models de predicció i una xarxa de sensors de qualitat de l'aire.

Els sensors instal·lats analitzen la concentració de contaminants CO, NO<sub>2</sub>O<sub>3</sub> i PM, el flux de tràfic a partir dels nivells de soroll que capten i les condicions meteorològiques, entre altres.

A través de la informació obtinguda, es pot predir els nivells de contaminació en temps real i realitzar una planificació immediata, tenint en compte les mesures del control de tràfic i la reducció dels nivells de contaminació[31][32].

#### B. Projecte "Sensing the city"

La universitat de la ciutat escocesa de Glasgow, juntament amb CENSIS (*Center for Sensor and Imaging Systems*) estan treballant per dur a terme el projecte *Sensing the City*, que té com a objectiu controlar de forma dinàmica i en temps real els diversos paràmetres clau per a la qualitat de l'aire en les diverses àrees urbanes circumdants.

Alguns països tenen l'obligació de garantir que l'aire compleixi els estàndards específics. És per això, que les

autoritats públiques van decidir desplegar estacions estàtiques per controlar les dades de qualitat de l'aire, a partir de tecnologies de detecció específiques i d'alt cost. Aquestes estacions proporcionen dades altament precises, però el seu cost limita la quantitat de desplegaments, deixant grans llacunes en la cobertura[2][33].

### C. Projecte "Breathe London"

Segons un informe d'UNICEF el Regne Unit és "el país on hi ha més nens amb afeccions respiratòries a nivell Europeu".

És per això, que l'alcalde de Londres va decidir posar en marxa el projecte de "Breathe Londres".

Google Earth Outreach, la gran plataforma tecnològica que ofereix els seus recursos pel bé públic i a organitzacions sense ànim de lucre, ha equipat amb sensors de qualitat d'aire dos dels seus cotxes coneguts com a *Street View*. S'encarreguen de prendre mesures de les partícules contaminants de l'aire cada 30 metres aproximadament en desenes de milers de carrers de Londres.

El 2008 Londres va posar en marxa una zona de baixes emissions per la qual els cotxes que no s'adaptessin als criteris marcats, haurien de pagar diàriament per circular a la zona delimitada. El 2018 es va afegir una nova zona, ULEZ, on els criteris al centre de Londres són més estrictes. Està previst que aquesta zona s'estengui a partir del 2021[34].

### D. Projecte "3d Air quality modeling"

La Universitat Politècnica de Creta està treballant per crear un mapa en tres dimensions de l'estat de l'aire en tot el país.

A causa de la topografia del terreny grec, conformada per un gran nombre d'illes i muntanyes que dificulten la presa de dades, la millor opció és fer la recollida d'aquestes mitjançant drons equipats amb sensors connectats a una xarxa inalàmbrica que recull i gestiona les dades. L'ús de drons permet analitzar l'aire en diferents altures creant així una recollida de dades més exhaustiva impossible d'aconseguir amb mesures preses des de terra.

De moment s'han realitzat proves pilot sobrevolant la universitat i s'ha apreciat com els diferents contaminants provinents de la xemeneia de la universitat i del pàrquing queden dipositats en diferents estrats de l'aire. També s'ha efectuat una altra prova a l'illa de Santorini, on s'ha observat una concentració 100 vegades més gran de partícules ultrafines en l'aire.

L'objectiu es poder crear plans d'atac especialitzats per les diferents zones de l'arxipèlag, tot i que a les ciutats tenen problemes de CO<sub>2</sub>, a la resta del país hi ha una gran acumulació de partícules en suspensió a causa del gran tràfic marítim[35].

## IV. CONCLUSIONS

Després d'una anàlisi en perspectiva tant dels diversos articles consultats, com de la informació complementària sobre l'estat actual de les *Smart Cities* i la seva vinculació amb tècniques

de gestió ambiental, es pot arribar a la conclusió que un gran nombre dels projectes que actualment es troben a disposició del públic són principalment de caire informatiu; és a dir la tasca de llegir i interpretar aquestes dades recau principalment en la participació activa d'un usuari, i no d'un sistema automatitzat que pugui crear solucions *smart* a aquest problema. És per aquest motiu, que la investigació en aquest àmbit ha de prendre un rol de pivot per tal que moltes de les solucions plantejades, puguin assolir un veritable estatus *smart* i que per tant, siguin alienes a la intervenció subjectiva d'un ciutadà, ja que aquesta intervenció pot significar l'anul·lació de la pròpia naturalesa objectiva de les dades. Per tant, com a conclusió, la recerca en aquest àmbit ha de ser d'una naturalesa contínua i constant per tal de poder assolir de forma pragmàtica un seguit de recursos que puguin ajudar a combatre una problemàtica d'extrema gravetat com és l'escalfament global. S'ha de treballar doncs, en convertir les *Smart Cities* en solucions veritablement *smart*.

## REFERÈNCIES

- [1] (23-2019) The URBANSOLUTIONS website. [En línia].[consulta: 7 de desembre 2019]. Disponible a: <<https://www.urbansolutions.es>>
- [2] (2019) The INTERESTINGENGINEERING website. [En línia].[consulta: 7 de desembre 2019]. Disponible a: <<http://www.interestingengineering.com>>
- [3] Höjer, Mattias & Wangel, Josefin. (2014). *Smart Sustainable Cities: Definition and Challenges*. 10.1007/978-3-319-09228-7\_20.
- [4] Forbes, P.B.C. (2015). *Chapter 1: Perspectives on the Monitoring of Air Pollutants*. In Barcelo, D. (ed.). *Monitoring of Air Pollutants: Sampling, Sample Preparation and Analytical Techniques*. Comprehensive Analytical Chemistry. 70. Elsevier. pp. 3–9. ISBN 9780444635532. Retrieved 31 May 2018.
- [5] Rada, E.C.; Ragazzi, M.; Brini, M.; et al. (2016). *Chapter 1: Perspectives of Low-Cost Sensors Adoption for Air Quality Monitoring*. In Ragazzi, M. (ed.). *Air Quality: Monitoring, Measuring, and Modeling Environmental Hazards*. CRC Press. ISBN 9781315341859. Retrieved 31 May 2018. (2002) The IEEE website. [En línia]. Disponible a: <<http://www.ieee.org/>>
- [6] Williams, R.; Kilaru, V.; Snyder, E.; et al. (June 2014). *Air Sensor Guidebook* (PDF). U.S. Environmental Protection Agency. p. 65. Retrieved 31 May 2018.
- [7] *GO3 Project*. GO3 Foundation. Retrieved 31 May 2018.
- [8] *Louisiana Bucket Brigade*. Louisiana Bucket Brigade. Retrieved 31 May 2018.
- [9] *List of Designated Reference and Equivalent Methods* (PDF). U.S. Environmental Protection Agency. 17 December 2016. Retrieved 31 May 2018.FLEXChip Signal Processor (MC68175/D), Motorola, 1996.
- [10] *National Ambient Air Quality Standards*. U.S. Environmental Protection Agency. Archived from the original on 10 December 2010. Retrieved 31 May 2018.Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specification, IEEE Std. 802.11, 1997.
- [11] Höjer, Mattias & Wangel, Josefin. *Smart Sustainable Cities: Definition and Challenges*. Springer Series Advances in Intelligent Systems and Computing; 2014.
- [12] Honavar AR, Zaree T. *Improvement of airprediction in smart city and its correlation with weather conditions using metrological big data*. TurkishJournal of ElectricalEngineering& Computer Sciences; 2018; Safashar, Iran.
- [13] Honarvar AR, Sami A. *A multi-source big data analytic system in smart city for urban planning and decision making*.In: Doctoral Consortium; 2016; Rome, Italy. pp. 32-36
- [14] Kelly, F.J., Fuller, G.W., Walton, H.A. i Fussell, J.C., 2012. *Monitoring air pollution: Use of early warning systems for public health* [En línia]. [consulta: 9 de desembre 2019] *Respirology*, 17: 7-19. Disponible a: <10.1111/j.1440-1843.2011.02065.x>

- [15] CITEAIR, 2004. *What is CITEAIR?* [En línia]. [consulta: 9 de desembre 2019]. Disponible a: <<http://citeair.rec.org/home.html>>
- [16] HODGES, HEICH, 2004. *CITEAIR – Common Information to European Air* [En línia]. Ginebra: Editions du Tricome [consulta: 4 de desembre 2019]. ISBN:28 29 39 275-3. Disponible a: <<http://enviroinfo.eu/sites/default/files/pdfs/vol109/0111.pdf>>
- [17] CITEAIR, 2007. *Communicating air quality A guidebook on communication with the public about air quality* [En línia]. [consulta: 4 de desembre 2019]. Disponible a: <<http://citeair.rec.org/downloads/Products/CommunicatingAirQuality.pdf>>
- [18] APHEKOM, 2011. *Closing gaps in understanding the impact of air pollution on health* [En línia]. [consulta: 9 de desembre 2019]. Disponible a: <<http://aphekom.org/web/aphekom.org/home.jsessionid=2C63E47B40E56930256BAE1A5DA50E54>>
- [19] Airparif, 2011. Association de surveillance de la qualité de l'air. 2011. Disponible a: <<http://www.airparif.asso.fr/index.php?setlang=en>>
- [20] Wichmann HE, Mueller W, Allhoff P *et al.* *Health Effects During a Smog Episode in West Germany in 1985.* *Environ. Health Perspect.* 1989; 79: 89–99.
- [21] Bell ML, Dominici F, Samet JM. *A metaanalysis of time-series studies of ozone and mortality with comparison to the National Morbidity, Mortality, and Air Pollution Study.* *Epidemiology* 2005; 16: 436–45
- [22] Katsouyanni K, Touloumi G, Samoli E *et al.* *Confounding and effect modification in the short-term effects of ambient particles on total mortality: results from 29 European cities within the APHEA2 Project.* *Epidemiology* 2001; 12: 521–31.
- [23] LJ, Lynch CD, Parker JD *et al.* *The association between childhood asthma prevalence and monitored air pollutants in metropolitan areas, United States, 2001–2004.* *Environ. Res.* 2010; 110: 294–301. Akinbami.
- [24] Darrow LA, Klein M, Flanders WD *et al.* *Air pollution and preterm birth: a time-series analysis.* *Epidemiology* 2009; 20: 689–98.
- [25] van Erp A, Kelly FJ, Pope A *et al.* *Progress in research to assess the effectiveness of air quality interventions towards improving public health.* *Air Qual. Atmos. Health* 2011. DOI 10.1007/s11869-010-0127-y.
- [26] Clancy L, Goodman P, Sinclair H *et al.* *Effect of air-pollution control on death rates in Dublin, Ireland: an intervention study.* *Lancet* 2002; 360: 1210–4.
- [27] Dockery DW, Rich DQ, Goodman PG *et al.* *Effect of air pollution control on mortality and hospital admissions in Ireland.* *HEI Research Report.* Health Effects Institute, Boston, MA (in press). 2011.
- [28] Hedley AJ, Wong CM, Thach TQ *et al.* *Cardiorespiratory and all-cause mortality after restrictions on sulphur content of fuel in Hong Kong: an intervention study.* *Lancet* 2002; 360: 1646–52.
- [29] Peel JL, Klein M, Flanders WD *et al.* *Impact of improved air quality during the 1996 Summer Olympic Games in Atlanta on multiple cardiovascular and respiratory outcomes.* *HEI Research Report* 148. Health Effects Institute, Boston, MA. 2010.
- [30] Kelly FJ, Anderson HR, Armstrong B *et al.* *Congestion charging scheme in London: assessing its impact on air quality.* *Research Report* 155. Health Effects Institute, Boston, MA. 2011.
- [31] (2019) The ResiduosProfesional website. [En línia]. [consulta: 3 de desembre 2019]. Disponible a: <<http://www.residuosprofesional.com>>
- [32] (2019) The Aytosalamanca website. [En línia]. [consulta: 3 de desembre 2019]. Disponible a: <<http://www.aytosalamanca.es>>
- [33] (2019) The Smartcitiesworld website. [En línia]. [consulta: 3 de desembre 2019]. Disponible a: <<http://www.smartcitiesworld.net>>
- [34] (2019) The Esmartcity website. [En línia]. [consulta: 2 de desembre 2019]. Disponible a: <<http://www.esmartcity.es>>
- [35] (2019) The Libelium website. [En línia]. [consulta: 2 de desembre 2019]. Disponible a: <<http://www.libelium.com>>



# Botigues de pagament automàtic

Arnau Beltrà Bisa<sup>1</sup>, Marc Marcé Mateu<sup>2</sup>, Arnau Puiggros Rovira<sup>3</sup>, Pepe Recolons López-Pinto<sup>4</sup>, Jaume Serra Badia<sup>5</sup>

*#Segon curs del Grau en Enginyeria de Sistemes TIC, EPSEM, UPC*

<sup>1</sup>arnau.beltra@estudiant.upc.edu

<sup>2</sup>marc.marce.mateu@estudiant.upc.edu

<sup>3</sup>arnau.puiggros@estudiant.upc.edu

<sup>4</sup>jose.maria.recolons@estudiant.upc.edu

<sup>5</sup>jaume.serra.badia@estudiant.upc.edu

.....

**Resum**—Avui en dia ens trobem en un món constantment canviant en el qual les persones busquen la millor manera per facilitar-se la vida. La gent no està disposada a perdre massa temps en les tasques més quotidianes com són les d'anar a comprar en un supermercat, ja que volen invertir el seu temps en accions més productives. Un dels principals problemes amb els quals es troba la gent, és la llarga espera que suposen les grans cues que es creen per realitzar el pagament en les caixes dels supermercats. De la necessitat d'accelerar aquest tipus de processos llargs i pesats, s'ha invertit en la recerca d'estratègies per solucionar-ho. Les botigues de pagament automàtic són una possible solució. Basades la idea del "pick and go", tenen la idea de revolucionar el concepte actual dels supermercats, buscant una innovadora dinàmica de funcionament.

En aquest article es parlarà de com algunes empreses estan treballant en la implementació del concepte de pagament automàtic, en determinades botigues, principalment del sector terciari. Per explicar les tecnologies troncales que s'utilitzen en aquests sistemes, s'ha agafat de referència els mètodes utilitzats per Amazon, ja que es una de les empreses pioneres en el desenvolupament d'aquests projectes. Per tant, la descripció dels sistemes de pagament automàtic, en l'article, està basada en el funcionament dels sistemes implementats en les botigues d'Amazon.

## I. INTRODUCCIÓ

Anar als supermercats i no trobar cua a l'hora de pagar és un fet que es pot considerar anòmal avui en dia. La dinàmica de funcionament que segueixen actualment la majoria de supermercats, repercuteix en un temps mitjà de 78,38 minuts [1] del transcurs de la compra, és a dir, d'ençà que el client entra per la porta, fins que surt. Això significa que el client acaba invertint una gran quantitat de temps en aquesta tasca, mentre que podria estar fent altres coses del seu interès. El temps que s'inverteix en el supermercat es divideix en dues tasques principals; la selecció dels productes en els diferents passadissos de l'"stock", i la realització del pagament dels productes a la caixa. És complicat trobar un mètode eficaç per reduir l'estona que comporta la tria dels productes, però sí que és de més interès i més assequible, dissenyar una estratègia

enfocada a economitza l'estona a l'hora de realitzar el pagament.

El gran problema del pagament en supermercats, és causat per tres aspectes principals. En primer lloc, la majoria de gent tendeix a coincidir en el fet que tenen les mateixes estones lliures per realitzar les compres, i alhora, aquestes compres acostumen a ser molt voluminoses[2]. En segon lloc, hi ha el factor que en moltes ocasions els supermercats estan dotats de poques caixes de pagament, en comparació amb l'elevat nombre de clients que pot arribar a haver-hi. Per últim, cada producte ha de ser enregistrat per caixa individualment de forma manual, fet que comporta alguns retards causats pel factor humà.

Hi ha certes empreses que han optat per combatre i donar solucions a aquests problemes, desenvolupant estratègies basades en el concepte de botigues de pagament automàtic. Aquesta idea planteja una nova forma d'interacció entre el client i la botiga, de manera que la dinàmica que segueix la compra és molt més àgil, ja que s'elimina la càrrega d'haver de passar per caixa a realitzar el procés de pagament, una vegada el client té els productes al carro.

Aquesta automatització suposarà al llarg dels anys vinents un canvi molt gran en els supermercats que l'apliquin. Evidentment pot ser aplicat, de forma similar, en botigues que es dediquin a la venda d'altres productes, com per exemple les botigues de roba.

L'automatització d'aquests processos, com en moltes ocasions, no estarà exempt de crítiques per part de diferents col·lectius, de cara a les grans empreses, **a causa de la pèrdua de privacitat que poden patir els clients**. Totes les dades quedaran enregistrades, creant així grans bases d'informació que podran ser utilitzades per les empreses en el seu benefici propi. També es poden preveure grans crítiques per part del col·lectiu de treballadors, pel fet que aquest gran canvi repercuteix en una gran pèrdua de llocs de treball.

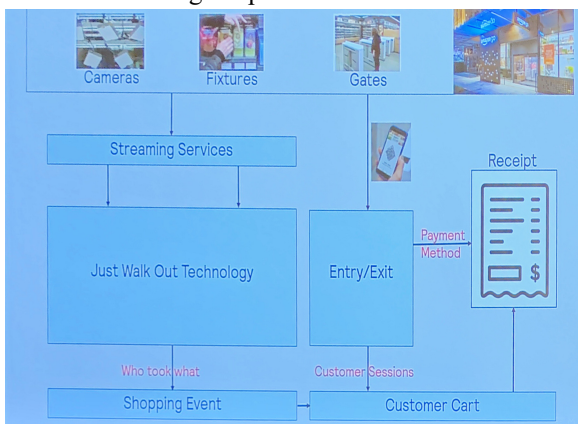
## II. MÈTODES DE DESENVOLUPAMENT

Per poder aplicar sistemes de pagament automàtic, és necessari utilitzar un ventall d'eines tecnològiques, amb un alt nivell de desenvolupament, que permetin realitzar tasques de gran complexitat per identificar qui agafa què en tot moment. Aquest sistema es basa principalment en el concepte d'intel·ligència artificial a través de stereo càmeres, de manera que es busca poder crear xarxes i estructures que recaptin, de forma autònoma, informació del seu voltant. D'aquesta manera es poden identificar patrons i reconèixer les accions que duen a terme els clients en cada moment. Per implementar aquestes estratègies, es requereixen uns sistemes amb una capacitat de processament molt elevada. Hi ha softwares que estan en constant desenvolupament que han permès fer realitat aquesta automatització, però que encara tenen algunes mancances que fan que no siguin fiables al cent per cent.

La principal empresa pionera en el desenvolupament de sistemes de pagament automàtic, o popularment coneguts com a "Just Walk Out", avui en dia, es Amazon. Aquesta empresa ha començat a implementar aquesta estratègia en alguns dels seus propis establiments, amb el nom d' "Amazon Go".

Per dur a terme aquestes instal·lacions, i que aquestes siguin factibles, Amazon ha hagut d'invertir 3 anys en recerca i desenvolupament, i tres anys més en implementar els establiments.

La realització de la compra per part del client, requereix un estricte control i un seguiment dels diferents passos i variables que intervenen al llarg del procés.



**Imatge.1-** Diagrama de funcionament

En aquest diagrama es pot agafar una idea ràpida de la dinàmica que seguiria un sistema de pagament automàtic. Es poden observar diferents accions que desencadenen en fils d'execució concrets, com ara la entrada o sortida del client, que hauria d'activar el compte associat a l'usuari, o bé fer efectiu el pagament a nom d'aquest mateix compte. També, quan l'usuari realitza accions a dins la botiga, aquestes queden registrades i classificades en el compte associat, i per tant, en el rebut de la compra que estigui realitzant.

La principal problemàtica que es planteja, es redueix a identificar quin client ha agafat cada producte. L'esquema general que es planteja per estudiar detalladament les diferents

variables que estan implicades en el correcte reconeixement de les accions dels clients, s'agrupen en 7 grans grups.

Aquests 7 grups són: la detecció i identificació de persones, el reconeixement d'objectes, la recopilació d'informació dels diferents sensors, la calibració d'aquests sensors, detecció dels moviments dels clients, anàlisi de les accions que executen, i gestió dels perfils i historials dels clients.[4]

### 1. Detecció de persones

Si estudiem les tècniques d'identificació de persones per tal de poder rastrejar en tot moment el recorregut que segueixen els clients, necessitem utilitzar sistemes basats en la visió artificial. Principalment aquests sistemes consten d'un conjunt de càmeres capaces de captar imatges RGB, i de poder apreciar la profunditat 3D d'aquestes. Les imatges recollides han de ser analitzades en el centre de control, per equips computacionals dotats de programari destinat al processament i anàlisi d'imatge. Una de les tècniques per controlar les diferents identitats, es basa en la segmentació de les imatges en píxels, per tenir un major control i facilitat per ser tractades.

Algunes de les dificultats que hi poden haver a l'hora de distingir les persones, són l'obstaculització d'aquestes degut a objectes de l'entorn, i la problemàtica de diferenciar dues o més persones quan aquestes estan molt juntes.[4]

### 2. Informació dels perifèrics

Per tal que la manipulació de dades sigui eficient i efectiva, és de vital importància disposar d'equips capaços d'emmagatzemar i gestionar les dades de forma ordenada i coherent, seguint un plantejament aconseguint així una base de dades suficientment potent per poder rebre totes les entrades necessàries en tot moment, de tot el conjunt de sensors i actuadors que conformen la instal·lació.[5]

### 3. Calibració

Per garantir que tots els dispositius i sensors treballin adequadament, i que la informació llegida per aquests no sigui errònia, és necessari realitzar una calibració corresponent de tots els equips involucrats en el funcionament del sistema. S'ha de tenir en compte que tots aquests elements estan situats en l'àmbit de camp, per tant, estan constantment exposats a possibles impactes. Això significa que s'ha de planificar la seva localització estratègicament, per prevenir que puguin ser malmesos i reduir o perdre la seva funcionalitat. És una tasca complicada, ja que per una banda és necessari vetllar per la seva integritat, però alhora, han d'estar en llocs suficientment exposats i integrats en l'entorn per poder recaptar la informació necessària amb el màxim de detall. Si parlem de la ubicació de les càmeres, s'ha de tenir en compte que aquestes puguin captar tots els racons de l'entorn, evitant que existeixin angles morts. D'altra manera, no es podria perdre el recorregut del client en alguns punts. També es imprescindible regular l'enfocament de l'objectiu, ajustar l'adreçament de la



càmera, i assegurar un bon nivell d'il·luminació, per tal de poder distingir els diferents objectes amb precisió i correlacionar aquests amb els patrons corresponents.[3] A part de les càmeres, també poden intervenir altres sensors, com ara de posició, de pressió, làsers entre altres. Que també requereixen una calibració determinada. És necessari estudiar els tipus de senyals que genera cada sensor i els intervals de resposta dels senyals, de manera que es pugui establir una correlació entre el senyal digital obtingut i la magnitud corresponent a la realitat.

#### 4. *Reconeixement d'objectes*

El reconeixement d'articles és un altre factor que cal tenir en consideració, i que també es du a terme mitjançant sistemes de visió artificial[6]. Per aquesta funcionalitat, és fonamental que cada article estigui a la seva localització corresponent. Ha de correspondre la seva localització física amb la qual la base de dades té de dit producte. Aquest mètode és efectiu per si sol, sempre que no hi hagi desordre, és per això, que a més a més cal fer una identificació visual de l'article per assegurar el tret. Pel reconeixement de productes de forma visual s'utilitza deep learning, entrenant el sistema per identificar cada producte en diferents circumstàncies, com serien canvis en la llum, forma, color entre altres. En algunes situacions però, tots els mètodes esmentats anteriorment no són suficients per identificar l'article, en aquests casos es pot recórrer a les dades obtingudes dels clients en les anteriors compres, per determinar per probabilitat quin article és més possible que el client hagi agafat.[4]

#### 5. *Detecció dels moviments del clients*

Per detecció dels moviments dels clients, ens referim principalment als moviments que aquests fan quan interactuen amb els productes. Aquests són els que precedeixen una acció rellevant pel sistema i per tant important d'analitzar amb profunditat. És de vital importància determinar bé la postura del client per saber amb exactitud en quin subapartat de l'estanteria s'està interactuant. Per aquesta tasca intervé la visió artificial, més específicament les stereo càmeres, que calculen distàncies, permetent així determinar la posició de la mà del client en tot moment. [4]

#### 6. *Anàlisi de les accions que s'executen*

Està clar que el sistema necessita saber si el client està agafant o bé deixant un article, aquesta tasca, com la majoria de les esmentades es duen a terme també mitjançant la visió artificial. L'anàlisi es realitza amb la comparació d'imatges abans i després de cada esdeveniment, aquest però no és tan simple com comparar l'espai ocupat pels productes abans i després, ja que aquests poden estar desplaçats. És aquí, per tant, on entra l'anàlisi en profunditat dels subapartats dels estands on els clients han interactuat. S'analitza mitjançant el recompte de productes, es compten els articles abans i després de l'esdeveniment i es conclou el nombre d'articles agafats o deixats. [4]

#### 7. *Informació dels clients*

Com hem comentat, és útil pel sistema tenir i recopilar informació dels clients. Per aquesta raó, aquest ha de saber tots els moviments que fa cada individu. És a dir, quan entra, l'estona de compra i quan surt.

Per saber quan el client entra en una botiga, s'utilitza un lector de codi QR on aquest, amb el seu propi telèfon mòbil s'identifica. Seguidament, s'associa la imatge del comprador amb el seu compte i el sistema s'encarrega de fer un seguiment del client fins que surt de la botiga per tal de saber tots els productes que ha agafat. Aquest sistema està preparat per acceptar l'entrada indefinida de gent amb un mateix codi QR, de manera que totes les accions que realitzin aquest conjunt de persones, quedaran associades al mateix compte.

A l'hora d'implementar aquest funcionament poden sorgir diferents problemes que s'han de tenir molt en compte per evitar errors, com en el cas en el què un grup de persones compren col·lectivament i només paga una d'ells. Per solucionar aquest problema, el client principal pot afegir els clients que l'acompanyen a un grup i el sistema passa a detectar-los com a un col·lectiu[4].

### III. PROBLEMES CAUSATS PER L'AUTOMATITZACIÓ

L'automatització de processos ha fet que sorgeixin una sèrie de problemes que en la majoria dels casos no havien estat previstos des d'un inici. Les botigues de pagament automàtic no són una excepció, i avui en dia ja han provocat diverses crítiques per part de la ciutadania. Aquest rebuig que han pogut patir ha estat relacionat amb el concepte anomenat "data mining", i amb el fet que en molts casos es poden produir pèrdues de llocs de treball.

#### A. *El "data mining"*

Les empreses que es poden permetre desenvolupar sistemes de pagament automàtic acostumen a ser grans corporacions, ja que es requereix una gran inversió. Aquestes, en molts casos desenvolupen una part de la seva activitat comercial a partir de les dades que els són proporcionades indirectament pels clients quan estan interactuant amb els seus serveis.

El principal motiu pel qual la gent tendeix a rebutjar el sistema utilitzat en les botigues de pagament automàtic recau en que aquest, sap en tot moment totes i cada una de les accions que desenvolupa el client en la botiga. Aquestes accions acaben convertint-se en milers de dades que guarda el sistema de cada client, ja que ha de ser identificat una vegada entra a botiga. Les dades són molt valuoses per les empreses i són utilitzades per conèixer els gustos de cada individu, dades de comportament d'aquest dins de la botiga o fins i tot tendències entre els diferents productes que estan a la venda[7]-[8].

Com a conseqüència, les empreses poden beneficiar-se analitzant tota aquesta informació per tal d'oferir recomanacions personalitzades a cada client o bé predir futures accions que pot dur a terme. A més les botigues poden

adaptar-se canviant els productes estratègicament per tal mostrar els que tenen un major interès entre els consumidors. Totes aquestes accions acaben repercutint en un augment significatiu de vendes i per tant, d'ingressos per l'empresa. Aquestes dades poden ser també venudes a altres empreses, el que pot suposar un altre ingrés per l'empresa que les ha recol·lectat.

#### B. Pèrdua de llocs de treball

L'automatització de processos acostuma a venir lligada a la reducció de llocs de treball poc qualificats. Avui en dia centenars de milers de persones a tot el món treballen com a caixers en botigues o en supermercats, el que suposarà que en l'aplicació de botigues de pagament automàtic, moltes d'elles perdran la feina[9]. Aquesta reducció de personal pot repercutir en múltiples protestes en contra de la implementació d'aquest sistema perquè les persones no estaran disposades a ser substituïdes.

A més, s'ha de valorar que la reducció de personal en una botiga acaba condicionant el servei i l'atenció que rep el client. Segons un estudi realitzat als Estats Units, gairebé un 77% de la població[9] prefereix tenir interacció amb una persona humana que amb una màquina per tal de resoldre qualsevol mena de dubte. La reducció d'aquest personal acabarà repercutint en alguns casos en l'experiència del client.

### IV. CONCLUSIONS

Podem dir que aquest sistema encara no es troba en una fase molt avançada, sinó que està més aviat en prova pilot, per tant, requereix més temps de rotatge i moltes possibles millores o modificacions per tal que arribi al nivell d'eficàcia que aspira aquest projecte ambiciós. Hi ha diverses situacions conflictives, les quals desemboquen en resultats indeterminats que requereixen la participació dels clients per ser resoltes, i per tant, alenteixen en part el procediment.

Un cas molt clar i freqüent amb el que es pot trobar la gent, és quan s'agafa un producte i es retorna posteriorment en una estanteria diferent de la inicial. Això genera una situació de conflicte a l'hora de determinar que ha fet el client amb aquest producte, i és possible que la botiga s'atribueix la compta d'aquell producte tot i no haver-lo agafat finalment.

Com que s'ha generat aquesta indeterminació, un cop realitzada la compta, es pregunta al client si s'ha realitzat realment aquella compra o no, donant així l'opció a reemborsar el producte.

Una altra de les situacions més crítiques, és la de quan un client agafa un producte i el dona a un segon client destinatari. Això genera una situació conflictiva i per tant també serà precís la intervenció del client per verificar el succés.

Podem dir també que és un sistema pensat per una societat civilitzada i respectuosa, ja que no està pensat per evitar que la gent robi, sinó per tenir un públic crític amb els seus actes, i per tant, és fàcil emportar-se productes sense pagar si algú s'ho proposa.

En resum podem dir que es pretén conscienciar a la gent perquè coneguin la manera de funcionament de la dinàmica de compra, per tal d'evitar que realitzin accions que puguin acabar sent conflictives.[10]

Tot i això, el "Just Walk Out" és una opció impulsada per Amazon Go però que ràpidament ha captat l'atenció d'altres grans empreses que implementen tecnologia igual o molt semblant, són exemples les empreses: Giant Eagle, Trigo Vision, Standard Cognition i Zippin[11]. Aquest cas és l'únic conegut pel que fa a una empresa internacional, és per això que la tecnologia encara està en desenvolupament. Gràcies a això, avui en dia, l'aplicació d'aquest sistema comença a ser una opció factible tot i no ser econòmicament d'implementar.

Cada dia s'avança més en la resolució dels problemes que van sorgint amb el temps mentre s'acaba de definir la idea de com ha de ser un establiment que funciona amb aquest model de pagament.

Per altra banda, un sistema així pot afectar a la societat en alguns aspectes, ja que és un canvi revolucionari de la compra. Primerament, en la significant reducció del temps que inverteix la gent als supermercats i botigues a l'hora de pagar però també en la repercussió que tindrà el sistema "just walk out" en el món laboral. Si parlem de la repercussió dels llocs de treball, tindria lògica que les tasques normalment implementades pels humans com seria gestionar el stock, la col·locació d'aquests i òbviament el pagament per caixa s'implementaria per robots. Així es tindria un major control de la botiga, induint així a menys errors humans. Altres tasques com l'atenció al client sí que s'implementaria per humans. Al cap i a la fi, el client serà qui jutgi aquesta automatització del procés de compra i decideixi l'èxit o no del sistema.

El temps i la tendència del comprador decidirà si es tracta d'un bon model de negoci que arrelarà en les botigues per tal de canviar-ne l'enfocament i la dinàmica que trobem avui en dia.

#### REFERÈNCIES

- [1] El País Economía, 2018, El 70% de los españoles gasta entre 150 y 450 euros al mes en la cesta de la compra. *El País* [en línia]. 2018. [Consultat el 30 Novembre 2019]. Disponible a: [https://cincodias.elpais.com/cincodias/2018/03/01/midiner/1519905048\\_482054.html](https://cincodias.elpais.com/cincodias/2018/03/01/midiner/1519905048_482054.html)
- [2] 7 Facts about Grocery Shopping that Might Shock You, 2017. *Fivestarthomefoods.com*. [en línia]. 2017. [Consultat el 30 Novembre 2019]. Disponible a: <https://www.fivestarthomefoods.com/blog/grocery-shopping-facts>
- [3] Sierra, Santiago, 2012, SISTEMA DE MEDICIÓN DE OBJETOS BASADO EN VISIÓN ARTIFICIAL. *Core.ac.uk* [en línia]. 2012. [Consultat el 30 Novembre 2019]. Disponible a: <https://core.ac.uk/download/pdf/47242302.pdf>
- [4] GROSS, PYAN, 2018, How the Amazon Go Store's AI Works. *Towards data science*. 2018. [en línia]. 2018. [Consultat el 2 Desembre 2019]. Disponible a: <https://towardsdatascience.com/how-the-amazon-go-store-works-a-deep-dive-3fde9d9939e9>
- [5] ROMAN, VICTOR, 2018, Data Management Strategy. *Medium* [en línia]. 2018. [Consultat el 2 Desembre 2019]. Disponible a: <https://towardsdatascience.com/data-management-strategy-d3ce6db599c1>

[6]MADUELL I GARCÍA, ELOI, 2020, Play Modes. *Playmodes.com* [en línia]. 2020. [Consultat el 2 Desembre 2019]. Disponible a: <https://www.playmodes.com/wp-content/uploads/2017/04/UOC-PDF-6.pdf>

[7]CONCEPCION, ANAIS, 2018, Retailers, *Amazon Go Doesn't Want Your Customers, It Wants Your Data*. Applco. [en línia]. 2018. [Consultat el 2 Desembre 2019]. Disponible a: <https://www.applicoinc.com/blog/amazon-doesnt-want-your-customers-it-wants-your-data/>

[8] MCFARLAND, MATT, 2019, I spent 53 minutes in Amazon Go and saw the future of retail. CNN. [en línia]. 2019. [Consultat el 5 Desembre 2019]. Disponible a: <https://edition.cnn.com/2018/10/03/tech/amazon-go/index.html>

[9] POLACCO, ALEX and BACKES, KAYLA, 2018, Journal of Business and Management. *Jbm.nccu.edu.tw*. [en línia]. 2018. [Consultat el 5 Desembre 2019].

[10] RAÚL ÁLVAREZ,(2018, 19 febrero). Visitamos Amazon Go: así es la experiencia de compra en una tienda semi automatizada sin cajeros. [en línia]. 2018. [Consultat el 9 Desembre 2019]. Disponible a: <https://www.xataka.com/analisis/visitamos-amazon-go-asi-es-la-experiencia-de-compra-en-una-tienda-semi-automatizada-sin-cajeros>

[11]DUPREY, RICH, 2019, Amazon Has Competition in "Just Walk Out" Grocery Stores | The Motley Fool. *The Motley Fool* [en línia]. 2019. [Consultat el 9 Desembre 2019]. Disponible a: <https://www.fool.com/investing/2019/08/07/amazon-has-competition-in-just-walk-out-grocery-st.aspx>

Pepe Recolons López-Pinto	Redacció d'una part de mètodes de desenvolupament i correcció article.
Arnau Puiggros Rovira	Redacció de les conclusions
Jaume Serra Badia	Redacció d'una part de la introducció i dels problemes causats per l'automatització.

Ha estat un treball força cooperatiu ja que hem anat treballant conjuntament per tal d'assegurar-nos que tot el conjunt de l'article seguís una certa coherència, per evitar contradiccions i per controlar que la forma de l'escriptura fos la mateixa. Hem decidit centrar-nos en un dels temes tractats al "Wikiprojecte" ja que hem cregut que se'n podria crear un bon article tècnic. Els recursos han estat obtinguts en la totalitat d'Internet mitjançant eines com el Google Acadèmic, ja que al tractar-se d'un tema d'actualitat, no se n'ha editat llibres físics.

#### ANNEXA

A la taula de continuació es detalla les dedicacions de cada membre del grup en l'article.

PERSONA	TASCA REALITZADA
Arnau Beltrà Bisa	Redacció del resum de l'article, la introducció i d'una part dels problemes causats per l'automatització.
Marc Marcé Mateu	Redacció del resum de l'article, la introducció i d'una part de mètodes de desenvolupament



# Privacitat de les dades en Smart Cities

Sergi Fígols<sup>1</sup>, Alex Martínez<sup>2</sup>, Bastian Muñoz<sup>3</sup>, Manuel Ángel Román<sup>4</sup>

*#Enginyeria Sistemes TIC, EPSEM, UPC*

[sfigols17@gmail.com](mailto:sfigols17@gmail.com)

[lionmartinez24@gmail.com](mailto:lionmartinez24@gmail.com)

[bastianmunoz@gmail.com](mailto:bastianmunoz@gmail.com)

[manurroman9818@gmail.com](mailto:manurroman9818@gmail.com)

**Resum**— Les Smart City s'han convertit en un dels principals eixos per a impulsar la modernització de la gestió administrativa en l'àmbit municipal. L'evolució tecnològica permet crear projectes innovadors per afrontar els diferents reptes que preocupen a les ciutats. Aquest tipus de projectes necessiten accedir a la informació dels ciutadans tant si són projectes de l'administració com si ho són d'operadors privats. La demanda dels ciutadans d'una major transparència de la informació del sector públic amb les dades obertes comporta la reutilització de la informació per part de tercers per la satisfacció dels seus propis interessos. Aquest document tracta sobre la problemàtica que ataca a la privacitat de dades en les Smart Cities i els elements que s'han de tindre en compte quan es desenvolupen aquest tipus de projectes. Es tracten diferents aspectes, desde l'impacte del big data en la privacitat de dades esmentant la legislació i com aquesta regula els serveis en la ciutat, fins a els reptes de seguretat de dades a implantar en Smart Cities.

## INTRODUCCIÓ

Les Smart Cities són ciutats que es desenvolupen amb visió de futur i que gràcies a l'evolució tecnològica permeten crear projectes innovadors per preveure millores en la gestió global de la ciutat. Amb aquest tipus de projectes es pretén afrontar els reptes que planteja la sostenibilitat en el context urbà, i que gràcies a les tecnologies de l'informació i les comunicacions es poden afrontar els diferents reptes que preocupen a les ciutats: millorar l'eficiència energètica, disminuir les emissions contaminants i reconduir el canvi climàtic.

L'objectiu principal d'aquests tipus de projectes es aconseguir una millor optimització dels recursos, un increment de la qualitat de vida i de la participació activa dels ciutadans, i en definitiva, una prestació més eficient i eficaç dels recursos disponibles i els serveis. La possibilitat de reutilitzar les dades en poder de l'administració pública planteja que es pugui accedir a aquesta informació. La pluralitat de subjectes implicats en els escenaris de les Smart Cities, des de la perspectiva de l'accés a la informació i les dades obertes, comporta que existeix un risc que ataca en la privacitat de dades. Aquesta amenaça podria fins i tot arribar a ser contrària als objectius de dades obertes de les Smart Cities. La regulació de la privacitat de dades preveu la difusió i l'accés d'informació amb altres finalitats no ètiques i garanteix que les dades només estiguin vinculades al sector públic.

La gran quantitat i complexitat de dades que es generen en les ciutats, fan que els sistemes de gestió i processament de dades tradicionals no puguin proporcionar el servei necessari. L'adopció de solucions analítiques de Big Data contribueix a proporcionar a les ciutats capacitats analítiques per millorar la gestió urbana i prendre

decisiones. El Big Data proporciona a la ciutat i al seu ecosistema les capacitats analítiques per adaptar-se als continus canvis i a les necessitats canviants dels ciutadans, empreses i turistes mitjançant l'ús de la informació disponible d'una gran quantitat de fonts d'informació.

## I. IMPACTE DEL BIG DATA EN LA NORMATIVA DE PROTECCIÓ DE DADES

El Big Data, ens proporciona la informació necessària per tal de conèixer l'entorn de la ciutat i realitzar canvis segons convingui. Amb aquesta eina es poden conèixer diferents dades i pot representar una amenaça als drets que protegeixen la normativa de protecció de dades, pels següents motius:

- La normativa confia massa en el consentiment informat per tal de recopilar i tractar les dades de caràcter personal. Això suposa un problema, donada l'experiència de que la gran majoria de les persones no llegeix les polítiques de privacitat i aquells que sí no les comprenen. D'aquesta manera atorgar el consentiment es un exercici buit.
- El principi de Minimització de dades no es compleix a la pràctica. Aquest principi implica que les dades recopilades no han de ser excessives, sinó que ha de recopilar només la quantitat mínima necessària per al fi del qual es recullen. Actualment en molt poques ocasions les autoritats de protecció de dades obliguen de forma efectiva a les empreses a redissenyar els seus processos per minimitzar les dades rebudes. [1]
- L'anonimat ha demostrat tenir limitacions. Si bé es presentava com la millor solució per a tractar dades protegint la privacitat dels subjectes, en els últims anys s'han donat nombrosos casos de re-identificació de bases de dades que havien estat en l'anonimat. Cada vegada es fa més senzill re-identificar als subjectes, ja no només a través de l'anàlisi de diferents fonts que contenen dades personals parcials d'una persona, sinó a través de dades no personals. Això suposa un debilitament de l'anonimat com a mesura per assegurar la privacitat durant el tractament de dades. [2]
- El Big Data augmenta el risc relacionat amb la presa de decisions de forma automàtica. Per el que fa a decisions transcendents per la nostra vida, com ara calcular el risc creditici, quedin subjectes a algorismes executats de forma automàtica. El problema ve quan les dades que son analitzades per mitjà d'algorismes no son precisos, però els individus no tenen incentius per corregir-ho.

## II. LEGISLACIÓ ACTUAL

Recopilar informació de les activitats rutinàries i interessos de milions d'habitants pot arribar a ser molt útil per aconseguir una ciutat sostenible i avançada, però s'han de saber quins són els extrems que marca la legislació en aquests casos. La Llei Orgànica de Protecció de Dades Personals fou publicada el 15 de desembre de 1999 per donar un marc legal al nostre país a la Directiva 45/96[3] de la Comunitat Europea. Tant la Directiva Europea com la LOPD es van crear per establir l'adequat equilibri entre la circulació lliure de dades en l'àmbit de l'UE i la necessària protecció de la vida privada dels ciutadans d'aquesta, afegint també que les dades dels habitants no podien ser transferides i/o compartides sense prèvia autorització. La Directiva Europea demanava que cada estat que fos membre de l'UE creés un organisme nacional i autònom que tingués el mateix objectiu que el reglament anteriorment mencionat. A Espanya, aquesta institució és l'Agència Espanyola de Protecció de Dades, que ja existia amb anterioritat i va ser adaptada al que havia indicat la citada Directiva. La LOPD recollia els anomenats drets ARCO, que les empreses havien de facilitar als titulars de les dades. Aquests drets són els d'Accés, Rectificació, Cancel·lació i Oposició a la seva utilització. Amb el temps, aquestes normes es van quedar antiquades a causa de la velocitat amb la que s'expandeix el món digital. Per actualitzar-les, la Unió Europea va crear el Reglament General de Protecció de Dades (RGPD) [4] que va ser aplicat el 25 de maig de 2018. El seu objectiu era el mateix que el de les anteriors normes, però profunditzant més en aspectes específics per protegir la intimitat. Al mateix temps, feia més rígides les condicions per poder utilitzar aquestes dades i va endurir les sancions per la utilització fraudulenta de les mateixes. El RGPD també incloïa novetats substancials que indicaven que, en casos específics indicats per l'article 37 d'aquest reglament, els responsables o encarregats de les dades estaven obligats a tenir un Delegat de Protecció de Dades que havia d'orientar-los per complir la normativa legislativa. Des del punt de vista de les Smart Cities totes les normatives de protecció de dades seguiria estant regulada pel RGPD, això obligaria a l'organització o empresa que dugui a terme l'anàlisi i transferència de dades seguint la normativa vigent, per tant: demanar autorització a la ciutadania per poder utilitzar dades personals i en el cas que el ciutadà ho demani, la seva informació hauria de ser eliminada. Sempre que es tracti informació o s'emmagatzemi informació que t'identifiqui directe o indirectament com a individu, s'han de respectar els seus drets en matèria de protecció de dades. Aquesta normativa és aplicada a tota la Unió Europea independentment de la localització de l'empresa o de l'organització, sempre que s'ofereixin béns i serveis a la UE s'haurà de seguir aquests criteris de protecció de dades.<sup>[5][6]</sup>

Com es pot observar, hi ha significatives diferències entre el RGPD i la LOPD. Aquestes diferències afecten sobretot a que la primera introdueix la figura del Delegat de Protecció de Dades en les empreses, crea els nous drets de Portabilitat, Limitació del Tractament i l'Oblit i endueix considerablement les sancions. De fet, el nou reglament castiga els casos més greus de vulneració de dades personals pagant fins 20 milions d'euros o el 4% de la facturació de l'empresa en qüestió en el cas de que aquesta sigui infractora amb la finalitat de castigar el mal ús de les dades dels ciutadans. Aquestes sancions les podem veure amb més detall a la Figura 1.

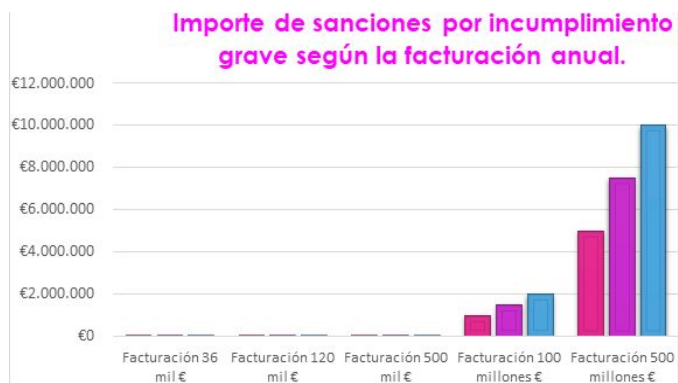


Figura 1. Imports i motius de les sancions regulats pel RGPD. Font: Google Imatges

## III. ACCÉS A LA INFORMACIÓ PER PART DE TERCERS

Tot i els grans avantatges que suposen els projectes d'Smart City no es pot disminuir les garanties jurídiques dels usuaris dels serveis públics i en general dels ciutadans en el seu ús de la informació personal, que només pot ser utilitzada per aquelles finalitats lícites que justifiquin la recollida de dades. Es tracta d'una premissa de gran transcendència si tenim en compte que la informació no només serà utilitzada per les Administracions públiques titulars dels serveis sinó, inclús per empreses privades que poden utilitzar les dades personals dels ciutadans per la satisfacció dels seus propis interessos.

A conseqüència de la caracterització de dades del model tecnològic en què es basen els projectes de ciutats intel·ligents resulta imprescindible la participació d'un conjunt de subjectes que estableixin una sèrie de relacions jurídiques que han de ser fixades amb claredat. Del contrari, no es podran concretar les conseqüències que és a la normativa de protecció de dades personals. Aquest tipus d'iniciatives que plantejen s'articulen a partir de les relacions amb diversos subjectes privats, de mode que les previsions legals sobre l'Administració electrònica resulta insuficient.

D'aquesta manera, les eines contractuals es converteixen en un instrument estratègic, ja que l'impuls a la innovació tecnològica sembla que no pugui aconseguir-se exclusivament per part de les entitats públiques implicades i, per tant, pot suposar una dificultat afegida des de la perspectiva de l'ús intensiu de la informació dels usuaris. En aquest sentit, són nombroses les empreses privades que entren en acció a l'hora de plantejar una iniciativa en l'àmbit de les ciutats intel·ligents que demanen una major exigència de dades per a fer la seva tasca. Per tant, resulta imprescindible analitzar la seva posició tant pel que respecte a l'ús de la informació que li proporciona el municipi titular del servei com la relació en la qual es puguin obtenir directament de l'usuari no únicament des de la perspectiva de l'ús propi, sinó a més a més, per al que es refereix a l'accessibilitat a tercers. Tot i això, les empreses i pàgines web que demanen dades personals domiciliàries, com és el cas del comerç electrònic, no provoquen una pèrdua de privacitat en cap aspecte. Quan demanes un producte o servei a través de la web indiques la teva residència, ciutat, targeta bancària i altres factors rellevants per dur a terme l'encàrrec. Les empreses de missatgeria a les ciutats grans com l'empresa a qui li has confiat les teves dades tenen un suposat acord de confidencialitat on s'indica notòriament que les dades no poden ser manipulades ni divulgades enlloc. Per aquesta raó no hi ha disminució de privacitat per part de tercers en aquests casos, ja que hi ha un acord de confidencialitat que legalment no permet que les dades siguin utilitzades o divulgades fora del servei demanat.

#### IV. REGULACIÓ DE LA NORMATIVA EN PROJECTES D'SMART CITY

El Reglament Europeu de Protecció de Dades juntament amb les legislacions locals són els encarregats de regular les polítiques de protecció de dades en els projectes d'Smart City. Els responsables que ofereixen serveis als ciutadans han d'elaborar i posar a disposició un protocol d'acció davant la fuga de dades. Aquest responsable està obligat a establir les mesures de seguretat apropiades en matèria de protecció de i privacitat de dades i posar en marxa mecanismes que demostrin el compliment de les seves obligacions. Per regular la informació que es genera han d'haver-hi principis informadors de protecció de dades i privacitat que han d'aparèixer en el primer moment de firmar el contracte del projecte de l'Smart a realitzar. També és important l'existència de requisits de consentiment a la informació pel que fa a les dades personals dels usuaris. Aquests serviran per regular les finalitats de molts serveis que utilitzen les dades personals dels usuaris amb fins estratègics comercials.

Els usuaris tindran la possibilitat de donar el seu consentiment per separat a cada servei. En el cas de les aplicacions mòbils i l'espai a la xarxa aquest ha de ser informatiu i ha de tractar amb claredat el contingut de cada servei i de les dades personals que són necessàries per a posar-lo en marxa. L'usuari ha de tindre la possibilitat de poder marcar i desmarcar permanentment les caselles en funció de les seves preferències concretes. En aquest àmbit és important deixar constància de les possibles interconnexions de dades. Només si el ciutadà coneix qui té les dades, pot controlar d'alguna manera l'ús de la seva informació personal. Pel que fa a l'emmagatzematge de les dades de caràcter personal es recomana que estiguin en servidors propis donant-li accés a encarregats del tractament. En el cas que els encarregats del tractament emmagatzemin dades personals en les seves instal·lacions, l'administració responsable ha d'assegurar-se que els nivells de seguretat que ofereixen són equivalents als que marca la legislació i que les dades es tornin o es destrueixin en el moment que finalitzi el contracte.

Les eines de tractament de dades han de configurar-se de manera que el seu ús per defecte comporti una menor amenaça sobre la privacitat de l'usuari. Apps, espais web i cookies han de bloquejar la recollida i el tractament de dades que agafen informació personal del ciutadà i han de permetre que aquest desbloquegi de forma personalitzada aquelles característiques del servei que li convinguin. Sempre que sigui possible i no afecti la prestació del servei han d'aplicar-se processos d'anonimització. Les dades personals seran cancel·lades quan deixi de ser necessari o quan s'assoleix la finalitat que justifica la seva recollida. La cancel·lació es podrà donar per una tramitació de baixa directament de l'usuari o derivada per un període de llarga inactivitat o de l'incompliment de les obligacions que li corresponien. La baixa determina el bloqueig de les dades i l'accés a les dades quedarà limitat excepte que sigui necessari per a donar satisfacció a obligacions amb el servei prestador o per a investigar delictes.

#### V. LA CIBERSEGURETAT EN SMART CITIES

Gràcies als serveis de la infraestructura Smart City aconseguim una gran quantitat d'informació per tal d'automatitzar el tràfic, respectar més el medi ambient i estalviar energia, però tot i això sorgeixen problemes de seguretat i privadesa degut a la informació que es recopila. Ja sigui aconseguint informació de la privadesa de les persones o bé controlant instal·lacions de la ciutat per influir en la vida de les persones. [7]

Tot i que cada vegada les ciutats busquen arribar a ser més «Smart», les aplicacions de les Smart Cities plantegen una sèrie de

preocupacions i reptes en termes de seguretat i privadesa. Com a norma de xarxa, la Smart City ha de ser capaç de defensar la informació dels ciutadans d'accés no autoritzat per qualsevol tipus de finalitat ja que no pugui ser modificada o divulgada.

##### A. Fuites de privadesa en la detecció de dades

Una Smart City pot tenir fuites de privadesa per atacants externs recopilant informació privada, transmesa i procesada per qualsevol de les aplicacions Smart City. Tota aquesta informació pot contenir la identitat d'algú, i amb això aconseguir saber el seu estil de vida, el seu estat de salut, on viu, el seu cercle d'amistats, etc.

Per preservar la privadesa dels usuaris durant la detecció de dades, algunes tècniques de seguretat i privadesa podrien ser el xifrat, l'anonimat o inclús el control d'accés pot ser aplicat.

Tot i això, part de la informació privada encara es pot divulgar inconscientment a persones o entitats no autoritzades. Per exemple, la vigilància intel·ligent pot captar indicis d'estil de vida o vida quotidiana dels ciutadans tot i que la càmera hagi estat implementada per tal de millorar la seguretat de les persones vigilants conductes criminals. En vista d'això veiem un repte, i és en veure el balanç entre la privacitat i l'eficiència.

##### B. Privadesa i disponibilitat en emmagatzematge i tractament de dades

Una ciutat com a Smart City posseeix uns potents servidors al núvol per a l'emmagatzematge i processament de les dades. Si per qualsevol motiu aquesta informació arriba a mans no desitjades podem tenir greus problemes de seguretat. Una alternativa a aquest problema és, tal i com hem dit anteriorment, xifrar dades de la ciutat. Amb aquest mètode aconseguim protegir el servidor però després el servidor núvol no pot processar les dades i realitzar operacions analítiques efectives per a les aplicacions de les Smart Cities. L'últim avenç a encriptació completament homomòrfica consisteix en el processament, com ara la suma i la comparació de dades xifrades.

Un altre gran problema desafiant per aconseguir la protecció de la ciutat és el fet d'intercanvi de dades i el control d'accés. Per exemple, les dades de trànsit recol·lectades per càmeres, Smartphones i GPS.

Durant la planificació viària global, és difícil definir la política d'accés per la preservació de la privadesa de dades. Per tant l'emmagatzematge i compartició de dades de la ciutat intel·ligent requereixen grans esforços de recerca.

##### C. Control de confiança

El control i feedback de les aplicacions Smart City al món real especialment públic i infraestructures industrials són molt atractives per atacants, criminals i fins i tot terroristes. Atacs de denegació de servei (DoS), injecció de dades, etc. que podrien afectar el sistema de la ciutat de manera que la gestió, el control i el funcionament queden esbiaixats o incorrectes.

Mentrestant la informàtica de confiança és una solució d'última generació per resistir les modificacions del sistema operatiu. Com que la fiabilitat de control es considera la màxima prioritat en una Smart City, la detecció eficient i ràpida d'atacs maliciosos esdevé un repte, que requereix grans esforços per parts interessades. [8]

#### VI. CONCLUSIONS

Les noves tecnologies en què es basen els projectes d'Smart Cities no estan lliures de riscos que ataquen a la privacitat i intimitat dels ciutadans. La seva aplicació amb totes les garanties que imposa la llei en l'àmbit de protecció de dades suposa un repte per als prestadors de serveis de les Smart Cities sobretot amb la vigència del Reglament General de Protecció de Dades. Els serveis públics que optin per

aquest tipus de solucions han de tenir molt present els canvis que incorpora la nova legislació així com les noves solucions tecnològiques que comporten amenaces i requereixen noves solucions. És necessari posar en marxa polítiques de protecció de dades des del mateix moment en què es dissenya el sistema de prestació de serveis així com durant el seu tractament.

El reglament europeu i les lleis orgàniques nacionals que defensen la protecció de dades i garanteixen els drets digitals de les persones, han d'estar constantment actualitzades garantint la màxima seguretat dels usuaris. Aquestes han de ser cada cop més sensibles i flexibles per adaptar els estàndards urbanístics a les noves realitats que ataquen en la privacitat de les dades dels usuaris.

#### AGRAÏMENTS

Agraïm la col·laboració a tot el personal de la biblioteca i al professor de Tecnologies Complementàries II per orientar-nos i facilitar-nos informació per al nostre article.

#### REFERÈNCIES

[1] New research – how European companies are tackling GDPR - Check Point Software, 2020. *Check Point Software* [online]. Available: <https://blog.checkpoint.com/2019/10/31/new-research-how-european-companies-are-tackling-gdpr/> [Accessed 23 Dec. 2019].

[2] BOE, 1999. Ley Orgánica de Protección de Datos. Available: [https://www.boe.es/boe\\_catalan/dias/1999/12/30/pdfs/A01399-01411.pdf](https://www.boe.es/boe_catalan/dias/1999/12/30/pdfs/A01399-01411.pdf) [Accessed 09.Dec.2019].

[3] DE ESPAÑA, JUAN CARLOS I. REY. Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal. *Bol Del Estado*, 1999, 298.2: 43088-43099. Available: [https://parlamento-cantabria.es/sites/default/files/dossieres-legislativos/LO%2015\\_1999%20CON%20MARCADORES.pdf](https://parlamento-cantabria.es/sites/default/files/dossieres-legislativos/LO%2015_1999%20CON%20MARCADORES.pdf) [Accessed 03 Dec. 2019].

[4] J.A. HENNIS-PLOSSCHAERT, M. SCHULZ. (2016). *Reglamento General de Protección de Datos (RGPD)* (Ed. rev.). Available: <https://www.boe.es/doue/2016/119/L00001-00088.pdf> [Accessed 07.Dec.2019].

[5] ALDAIRI, Anwaar, et al. Cyber security attacks on smart cities and associated mobile technologies. *Procedia Computer Science*, 2017, 109: 1086-1091. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050917310669> [Accessed 10 Dec. 2019].

[6] Protección de datos y privacidad online. (s.f.). [Online] Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050917310669> [Accessed 10 Dec. 2019].

[7] WAEDT, Karl, et al. Automatic assets identification for Smart Cities: Prerequisites for cybersecurity risk assessments. In: *2016 IEEE International Smart Cities Conference (ISC2)*. IEEE, 2016. p. 1-6. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7580812>

[8] ZHANG, Kuan, et al. Security and privacy in smart city applications: Challenges and solutions. *IEEE Communications Magazine*, 2017, 55.1: 122-129. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7823349>. [Accessed 10 Dec. 2019].

#### ANNEXA

La Taula 1. mostra la distribució i el temps que ha comportat la seva realització:

Integrant	Temps de dedicació al treball	Apartat
Manuel Ángel Román	22 hores	Resum Introducció Accés a la informació per part de tercers Regulació de la normativa en projectes d'Smart City Muntatge de l'article Conclusions
Bastian Muñoz	19 hores	Legislació actual Accés a la informació per part de tercers Conclusions
Sergi Fígols	21 hores	Impacte del Big Data en la normativa de Protecció de Dades. Reptes de la ciberseguretat en Smart Cities. Referències.
Alex Martinez	9 hores	Legislació actual

Taula 1. Distribució de la feina i temps de dedicació. Font pròpia

Per fer la cerca d'informació hem utilitzat el Google Acadèmic i les bases de dades que ens ofereix el servei de biblioteques de la universitat. Per altre part, les referències les guardàvem amb un Gestor de referències, en el nostre cas el Mendeley ja que ens ofereix la possibilitat de fer la referència automàtica.



# Sistema de detecció de vehicles aplicada a ciutats intel·ligents

Yeslam Limam<sup>1</sup>, Eduard Martí<sup>2</sup>, Sergi Tienda<sup>3</sup>, Ivan Vázquez<sup>4</sup>

Tecnologies Complementàries 2, Enginyeria de Sistemes TIC, EPSEM, UPC

<sup>1</sup>[yeslam.limam@estudiant.upc.edu](mailto:yeslam.limam@estudiant.upc.edu)

<sup>2</sup>[marti.edu@estudiant.upc.edu](mailto:marti.edu@estudiant.upc.edu)

<sup>3</sup>[sergi.tiena@estudiant.upc.edu](mailto:sergi.tiena@estudiant.upc.edu)

<sup>4</sup>[ivan.vazquez@estudiant.upc.edu](mailto:ivan.vazquez@estudiant.upc.edu)

**Resum**— *Analitzar solucions tecnològiques per la detecció de vehicles i la seva aplicació a les ciutats intel·ligents.*

**Paraules Clau**—*Semàfors intel·ligents, Pàrquings intel·ligents, Smart mobility, Ciutats intel·ligents.*

## I. INTRODUCCIÓ

En totes les ciutats del món, l'ús de mitjans de transport és imprescindible per a la mobilitat. L'augment del vehicle privat produeix que en alguns casos aquesta mobilitat presenti problemes. L'ús de les TIC facilita una gestió del trànsit de les ciutats més activa, proporcionant informació i millorant la mobilitat dels ciutadans, en termes d'eficiència i sostenibilitat del transport. Una ciutat amb control del trànsit eficient condueix a un menor consum de combustible, reduccions de les emissions contaminants i una reducció en els temps de desplaçament. Partint del concepte de mobilitat intel·ligent, darrerament s'ha començat a treballar en els problemes del trànsit privat i en particular en els cicles de control semafòric i aparcament. Per això, la ubicació de sensors, de noves infraestructures, modificacions en les obres civils ja construïdes i l'ús de tècniques d'intel·ligència artificial són una eina viable i eficient en un entorn urbà com són les ciutats intel·ligents. Si bé el concepte de ciutats intel·ligents ha evolucionat els darrers quinze anys, la idea que les caracteritza en aquests moments és la de supervisar i optimitzar l'espai entre els usuaris que comparteixen l'espai públic que la componen.

## II. SISTEMES DE DETECCIÓ DE VEHICLES

Existeixen molts tipus de sistemes de detecció per a vehicles i es poden dividir de moltes formes, en aquest cas els dividirem en dos tipus de tecnologia:

### A. Tecnologies intrusives

Les tecnologies intrusives en un sistema de detecció de vehicles és aquella que s'ha de realitzar algun tipus de modificació a la via que es vol estudiar per una correcta detecció. Existeixen diferents tecnologies:

- 1) *Detectors de bucle d'inducció*: es tracta d'un sistema detector format per una bobina que emet un camp magnètic, quan un material ferromagnètic es troba prop d'ella aquest camp es veu alterat. El sistema és capaç de mesurar les dimensions del bucle del camp, d'aquesta manera a partir d'algoritmes sap que es

tracta d'un vehicle. També fins hi tot és capaç de saber de quin tipus de vehicle es tracta [1]. Tal i com podem veure a la figura 1, la instal·lació té lloc al doble quadrat vermell just a sota de l'asfalt.



Fig. 1 Exemple de posicionament de detectors de bucle d'inducció

És molt típic trobar aquest tipus de sensors en controls d'accessos amb barreres per saber quan ha passat el vehicle i poder abaixar-la amb seguretat. Un exemple comú és un pàrquing subterrani.

- 2) *Sensors piezoelèctrics*: són sistemes electromecànics que adquireixen una polarització elèctrica al ser sotmesos a una compressió. Es tracta del fenomen piezoelèctric que passa en determinats cristalls com el quar o la turmalina. Un sensor d'aquestes característiques és capaç de mesurar pressió, acceleració, tensió o força. Aquest fenomen també és reversible, és a dir, si se li aplica una pressió és capaç de generar corrent, per això aquesta tecnologia pot ser utilitzada com a microgenerador [2]. El seu baix cost, una producció senzilla i el fet de ser un sistema de detecció passiva que no consumeix energia, fa que sigui una solució molt eficient tant a l'hora de detectar vehicles per a la gestió de semàfors com en la senyalització de vies urbanes.
- 3) *Weight-in-motion*: són sistemes que engloben un conjunt de tecnologies diverses que cerquen avaluar el pes d'un vehicle a través de l'impacte del pneumàtic en un sensor o de la càrrega dinàmica a les rodes en moviment. Aquesta avaluació del pas d'un vehicle es realitza en condicions normals de circulació i sense interrompre el trànsit. Les tecnologies més habituals

solen utilitzar sensors piezoelèctrics, plaques en posició de flexió, bandes extenso mètriques que mesuren la seva deformació i estores capacitives [3].

### B. Tecnologies no intrusives

La tecnologia no intrusiva permet la implementació de sistemes de detecció de vehicles sense la necessitat de modificar l'estat de les carreteres i el seu entorn. Són sensor que normalment es col·loquen en un lloc elevat orientats cap al lloc en qüestió on es vol estudiar. Existeixen diferents tecnologies:

- 1) *Tecnologia magneto-resistiva*: Es tracta d'una tecnologia basada en la detecció de volums constituïts per metalls aprofitant que la composició de tots els vehicles és metàl·lica. Si mirem la Fig. 2, quan un objecte ferri es mou distorsiona el camp magnètic de la Terra. Les distorsions d'aquest camp magnètic produïdes pel moviment d'un vehicle són fàcils de mesurar a la carretera degut a que és una superfície uniforme i sense materials metàl·lics.

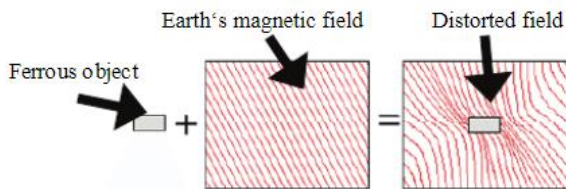


Fig. 2 Distorsió del camp magnètic de la Terra per un objecte ferri.

Tal i com sabem, la Terra té un camp magnètic natural que fa la funció d'un imant gegant. Tot i les anomalies que té la Terra, el camp magnètic produït és força constant [4].

El camp magnètic de la terra es distorsiona al col·locar dins un objecte ferri. Aquesta tecnologia utilitza el que s'anomenen sensors escalars. Es tracta d'uns sensors capaços de mesurar la força del camp magnètic en totes les direccions.

A partir de la informació recopilada pel sensor es poden extreure gràfiques que ens permeten saber la quantitat de vehicles que hi ha en un determinat espai. Podem veure un exemple a la Fig. 3.

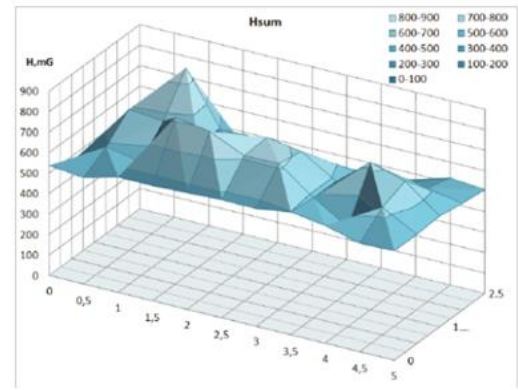


Fig. 3 Distribució del camp magnètic d'un pàrquing amb un cotxe aparcats.

S'utilitza aquesta tecnologia perquè també té la capacitat de mesurar la quantitat de vehicles que hi ha en moviment i els que es troben en repòs. Podem trobar altres tecnologies més comunes però que no estan preparades per a detectar vehicles en estat de repòs, per exemple els sensors d'infraroig que s'utilitzen per fer els seguiments del trànsit.

- 2) *Tecnologia acústica*: Tecnologia basada en la detecció de vehicles a partir del soroll que produeixen. Com a principals sorolls trobem el contacte dels pneumàtics a la carretera i el motor de combustió encès. Tot hi que també trobem sorolls de la transmissió, de l'escapament, la admissió de l'aire, l'aerodinàmic i el sistema de fre.

En el nostre cas estudiarem la tecnologia utilitzada per detectar vehicles en circulació o aturats.

Per detectar la presència de vehicles en un semàfor es col·loquen mediadors de soroll molt propers al lloc on es vol mesurar. Es tracta de sensors que estan limitats perquè només mesurin sorolls molt propers, d'aquesta manera aconseguim que no es tinguin en compte altres sorolls de l'exterior propis de l'entorn [5].

Com a inconvenient, aquesta tecnologia no és molt precisa degut a que no tots els vehicles fan soroll quan estan parats. Actualment amb la nova tecnologia Start-Stop [6] fa que en els vehicles es pari el motor quan estan aturats, i com a conseqüència aquest deixa d'emetre soroll. Per aquest motiu és impossible la mesura de forma acústica.

Un altre exemple és el vehicle elèctric que quan està en repòs no emet cap soroll i en funcionament al no disposar d'un sistema de propulsió de combustió quan està en funcionament gairebé no emet soroll, tot i que la normativa actual obliga que aquest tipus de vehicles ha d'emetre un soroll per augmentar la seguretat vial de vianants, ciclistes i especialment grups vulnerables com poden ser els nens, persones grans o invidents[7].

L'absència de soroll disminueix dràsticament la detecció de vehicles.

- 3) *Tecnologia de microones*: És tracta d'una tecnologia basada en la detecció de vehicles a partir de microones. És un dispositiu equipat amb un emissor de microones i un detector doopler [8]. La unitat central és capaç de memoritzar el nivell de resposta del senyal emès que rep de la zona que es vol protegir establint un perímetre d'alarma. Quan aquest nivell és interceptat per qualsevol volum, el senyal rebut varia, per aquest motiu detecta presència.

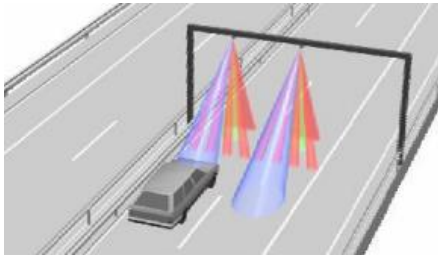


Fig. 4 Implementació del radar de microones

Aquest sensor també és capaç de detectar quin tipus de vehicle es troba a la via. Això permet donar prioritat a vehicles per tipus, per exemple prioritzar vehicles molt voluminosos o vehicles d'emergència [9]. Tal i com podem veure a la figura 4, va instal·lat a la part superior de la via que es vol estudiar.

Aquesta tecnologia tampoc seria la més eficient per la detecció de vehicles en un espai semafòric degut a que l'objecte que a detectar necessita estar a una velocitat mínima perquè aquest fet es produeixi. La majoria de fabricants d'aquest tipus de sensors detallen que la detecció es produeix a partir dels 1 a 2 Km/h fins als 20 o més en funció de l'ús que se li vulgui donar. Per tan només ens seria útil per saber i comptar els vehicles que s'aproximen en moviment.

- 4) *Tecnologia de càmeres*: Es tracta d'una tecnologia capaç de detectar vehicles a partir del processament de imatges en vídeo a temps real [10].
  - **Detecció**: És un sistema format per càmeres situades en les zones que es volen controlar. Les imatges enregistrades s'envien directament al centre d'anàlisi.
  - **Anàlisi**: És un sistema capaç de analitzar les imatges rebudes per el sistema de detecció. Quan algun vehicle o algun vianant entra a la zona que es pretén controlar els píxels de les imatges varien. Aquest sistema s'encarrega d'interpretar aquestes variacions a partir d'algoritmes per així obtenir una informació sobre el trànsit a temps real.
  - **Control**: És un sistema que a partir de la informació rebuda per el sistema d'anàlisi és capaç de prendre decisions per controlar el

trànsit. Aquestes decisions poden ser per exemple en el cas de detecció d'un accident informar als cossos d'emergència i seguretat, modificar l'estat de semàfors, activar senyals lluminosos de perill, entre un gran ventall de possibilitats.

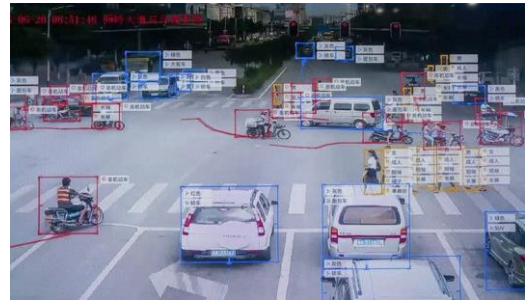


Fig. 5 Sistema de monitorització del trànsit per càmeres a la Xina que també serà implementat a Equador [11].

### III. SEMÀFORS INTEL·LIGENTS

Els semàfors intel·ligents són uns dispositius que ens permeten millorar la seguretat, contaminació i temps d'espera dels conductors. Mitjançant diverses dades comptades amb les tecnologies nombrades anteriorment s'ha aconseguit crear diferents tipus de semàfors intel·ligents. Dins del grup dels semàfors intel·ligents els podem classificar de dues maneres:

#### A. Sistema semafòric per conductors

Els semàfors per a conductors són molt útils per agilitzar el trànsit en les ciutats. En destaquen els que mitjançant diferents sensors nombrats anteriorment, són capaços de saber alguns factors com el nombre de vehicles que s'han aproximat en un temps determinat a un encreuament determinat, quan temps han trigat a posar-se en marxa o com es troba la circulació en determinats punts. Llavors en funció d'aquesta informació es pot modificar l'estat del semàfor [12][13]. Els beneficis d'aquests semàfors intel·ligents envers dels semàfors convencionals no només són els d'evitar embussos o donar major fluïdesa al trànsit, sinó que també ajuden a la contaminació ja que s'eviten en gran part les parades i posades en marxa dels vehicles. També s'arriba a evitar un 30% del temps de trajecte dels conductors i permet realitzar una millor recopilació de la informació [14]. Un altre benefici molt important respecte dels semàfors convencionals és que existeix la possibilitat de dotar-los amb bateries per què en cas de un tall del subministrament elèctric seguiran funcionant fins a un límit de dues hores [14].

#### B. Sistema semafòric per vianants

Dels semàfors per a vianants en destaquen els que funcionen mitjançant sistemes capaços d'intuir la intenció del vianant i activen la llum vermella dels semàfors per així poder deixar passar els ciutadans sempre i quan la

circulació del trànsit ho permeti. Aquestes càmeres controlen el pas dels ciutadans en una àrea de fins a vuit metres pròxima al semàfor, i si detecten que un vianant vol creuar, activen tot el procés sense necessitat de prémer cap polsador [15]. Les càmeres que s'utilitzen per poder fer funcionar aquest sistema registren el pas dels vianants i detecten fins a quatre segons d'antelació la intenció de creuar. En la figura 6 s'observa un exemple d'implementació d'aquest sistema.



Fig. 6 Sistema semafòric amb sensors per a vianants

L'avantatge d'aquest sistema és que a més “vigila” el pas dels vianants amb que si el grup de persones que està creuant és molt elevat, el semàfor es manté en verd per que d'aquesta manera puguin creuar tots el vianants.

#### IV. PÀRQUINGS INTEL·LIGENTS

El temps dedicat a la cerca de zones d'estacionament és un dels factors per als quals les ciutats intel·ligents ofereixen solucions, ja que provoca moviments innecessaris de trànsit a la ciutat, generen més contaminació i allarguen els temps de viatge dels usuaris. La tecnologia de detecció de vehicles és clau per assolir unes solucions eficients en la gestió de les zones d'estacionament. Mitjançant sensors de detecció de zones d'estacionament es generen dades en temps real per tal d'informar als usuaris de la zona lliure més propera, com és el cas de les solucions que ofereix Cleverciti Systems que es veu a la figura 7 [16]. Actualment trobem solucions com l'U-Spot, un sensor autònom i inalàmbric que detecta en temps real l'estat d'una zona d'estacionament. Aquest sensor de tecnologia magnètica s'està utilitzant per a gestionar aparcaments de zona blava a Barcelona [17].

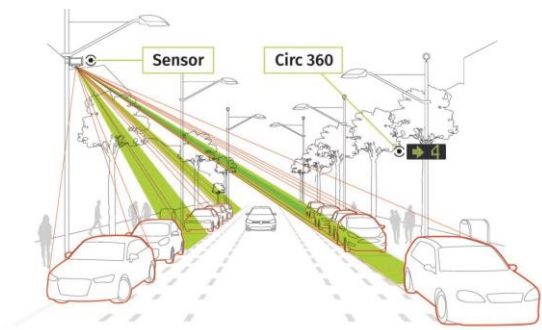


Fig. 7 Sistema de detecció Cleverciti Systems

#### REFERÈNCIES

- [1] *A vehicle classification based on inductive loop detectors* [en línia]. [Consulta 18/12/2019] Disponible a: <https://ieeexplore-ieee.org/recursos.biblioteca.upc.edu/abstract/document/928860>
- [2] Laena-Pellejero, Alicia. *About the use of intelligents systems for road safety*. Dyma, Setembre 2016, vol91, no5, p491.492. DOI: <https://www.revistadyna.com/search/about-the-use-of-intelligent-systems-for-road-safety>
- [3] *High Speed / Low Speed Weight in Motion* [en línia] q-free.com [Consulta 19/12/2019] Disponible a: <https://www.q-free.com/products/high-speed-low-speed-weigh-in-motion/>
- [4] *A vehicle classification based on inductive loop detectors* [en línia]. [Consulta 18/12/2019] Disponible a: [https://www.researchgate.net/publication/265809423\\_Vehicle\\_Detection\\_based\\_on\\_Magneto-Resistive\\_Magnetic\\_Field\\_Sensor](https://www.researchgate.net/publication/265809423_Vehicle_Detection_based_on_Magneto-Resistive_Magnetic_Field_Sensor)
- [5] *Características técnicas. Inspector de ruidos de vehiculos – Tipo 3638A y 3638B* [en línia]. Dinamarca [Consulta: 19/12/2019] Disponible a: [https://www.bksv.com/~media/literature/Product%20Data/bp204\\_4.ashx](https://www.bksv.com/~media/literature/Product%20Data/bp204_4.ashx)
- [6] *Sistema Start-Stop*. [en línia] race.es [Consulta 18/12/2019] Disponible a: <https://www.race.es/sistema-start-stop>
- [7] *Percepción Sonora de Vehiculos Eléctricos* [en línia] sea-acustica.es [Consulta 19/12/2019] Disponible a: [http://www.sea-acustica.es/fileadmin/publicaciones/05\\_03.pdf](http://www.sea-acustica.es/fileadmin/publicaciones/05_03.pdf)
- [8] *Radar doopler* [en línia] wikipedia.org [Consulta 19/12/2019] Disponible a: [https://es.wikipedia.org/wiki/Radar\\_Doppler](https://es.wikipedia.org/wiki/Radar_Doppler)
- [9] *Doppler radar based automatic vehicle* [en línia]. [Consulta 19/12/2019] Disponible a: <https://patents.google.com/patent/US5717390A/en>
- [10] *Traffic video detection and monitoring* [en línia]. [Consulta 20/12/2019] Disponible a: [https://www.flirmedia.com/MMC/CVS/Traffic/IT\\_0002\\_EN.pdf](https://www.flirmedia.com/MMC/CVS/Traffic/IT_0002_EN.pdf)
- [11] *Made in China, Exported to the World: The Surveillance State* [en línia] nytimes.com [Consulta 20/12/2019] Disponible a: <https://www.nytimes.com/2019/04/24/technology/ecuador-surveillance-cameras-police-government.html?ref=nyt-es&mcid=nyt-es&subid=article>
- [12] Noelia L. *Así funcionan los semáforos inteligentes que evitan atascos*. [en línia]. [Consulta 20/12/2019] Disponible a: <https://www.autobild.es/noticias/asi-funcionan-los-semaforos-inteligentes-que-evitan-atascos-294085>
- [13] Ecomotor.es. *Llegan los semáforos inteligentes para agilizar el tráfico en las ciudades* [en línia]. [Consulta 20/12/2019] Disponible a: <https://www.economista.es/ecomotor/motor/noticias/7728629/07/16/Llegan-los-semaforos-inteligentes-para-agilizar-el-trafico-en-las-ciudades.html>
- [14] José F. *Semáforos inteligentes, los semáforos del futuro* [en línia]. [Consulta 20/12/2019] Disponible a: <https://tecnologiadel futuro.es/smart-city/semaforos-inteligentes-los-semaforos-del-futuro/>
- [15] José M. *Viena estrenará semáforos "inteligentes" que detectaran las intenciones de los peatones* [en línia]. [Consulta 20/12/2019] Disponible a: [https://elpais.com/tecnologia/2019/05/30/actualidad/1559210973\\_315830.html](https://elpais.com/tecnologia/2019/05/30/actualidad/1559210973_315830.html)
- [16] *Cleverciti Systems* [en línia] cleverciti.com [Consulta 20/12/2019] Disponible a: <https://www.cleverciti.com>

- [17] *U-Spot sesor de parking* [en línea] urbiotica.com [Consulta 20/12/2019] Disponible a: <https://www.urbiotica.com/producto/u-spot/>

#### BIBLIOGRAFIA

- [1] COVELL, M., BALUJA, S. y SUKTHANKAR, R., 2015. Micro-Auction-Based Traffic-Light Control: Responsive, Local Decision Making. *IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, Proceedings, ITSC*. S.l.: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., pp. 558-565. ISBN 9781467365956. DOI 10.1109/ITSC.2015.98.
- [2] FERRER, J., GARCÍA-NIETO, J., ALBA, E. y CHICANO, F., 2016. Validación Inteligente para la Sincronización de Semáforos Basada en Feature Models. *Mathematical Problems in Engineering* [en línea], vol. 2016. ISSN 15635147.
- [3] SAMANIEGO-CALLE, V., SANTIAGO VIÑÁN-LUDEÑA, M., JARAMILLO-SANGURIMA, W., JÁCOME-GALARZA, L. y SINCHE-FREIRE, J., 2019. Semáforos inteligentes y tráfico vehicular: un caso de estudio comparativo para reducir atascos y emisiones contaminantes. *RISTI - Revista Iberica de Sistemas e Tecnologias de Informacao* [en línea], vol. 2019, no. 19, pp. 403. ISSN 16469895.
- [4] VILLAGRA A, ERRECALDE M, PANDOLFI D, MOLINA D, VARAS V, OROZCO S, VALDÉZ J, RASJIDO J, MERCADO, V., CARBALLO L, PÉREZ D y MONTENEGRO C, 2019. Hacia ciudades mas eficientes y sostenibles. *XXI Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación*.
- [5] THAKARE, V.S., JADHAV, S.R., SAYYED, S.G. i PAWAR, P. V, *Design of Smart Traffic Light Controller Using Embedded System*, 2013.





