

Пловдивски университет „Паисий Хилендарски“
Факултет по математика и информатика
Катедра „Компютърни технологии“

Георги Илийчев Илиев

Мобилни приложни системи и услуги

Автореферат

на дисертационен труд

за присъждане на образователна и научна степен “Доктор”
в област на висше образование 4. Природни науки, математика и информатика
Професионално направление 4.6 Информатика и компютърни науки
Докторска програма: Информатика

Научни ръководители:

Проф. д-р Ангел Атанасов Голев
Проф. д-р Николай Веселинов Кюркчиев

Пловдив
2019 г.

Дисертационният труд е обсъден и насочен за защита на разширено заседание на катедра „Компютърни технологии“ при Факултета по математика и информатика на Пловдивския университет „Паисий Хилендарски“.

Дисертационният труд се състои от 154 печатни страници. Съдържа заглавна страница, увод, три глави, заключение с резюме на получените резултати, декларация за оригиналност и библиография от 184 източника. Всички цитирани публикации са на английски език, от тях 20 са от интернет източници.

Основната част от резултатите на дисертационния труд са публикувани в 4 самостоятелни публикации на английски език и докладвани на научни форуми.

Откритото заседание за защитата на дисертационния труд ще се състои на в Заседателната зала на Нова сграда на ПУ „Паисий Хилендарски“. Материалите по защитата са на разположение на интересующите се в секретариата на ФМИ, кабинет 330, всеки работен ден от 8:30 до 17:00 часа.

Автор: Георги Илийчев Илиев

Заглавие: Мобилни приложни системи и услуги

Университетско издателство „Паисий Хилендарски“

Тираж: 100 броя

Пловдив, 2019 г.

Съдържание

УВОД	5
Глава 1. ВЪВЕДЕНИЕ	7
1.1. Мобилни устройства и ИТ парадигми	7
1.2. Въведение в мобилните приложни системи и услуги	7
1.3. Софтуерни технологии и средства за развитие на мобилни приложни системи и услуги	9
1.4. Изводи към Глава 1	10
Глава 2. КЛАСИФИКАЦИИ И КОНЦЕПТУАЛНИ АРХИТЕКТУРНИ МОДЕЛИ НА МОБИЛНИ ПРИЛОЖНИ СИСТЕМИ	10
2.1. Въведение	11
2.2. Класификация на мобилните приложни системи според сферата на приложение	11
2.3. Класификация на системите за мобилен краудсорсинг по типове задачи	12
2.4. Развитие на концепция за система за мобилен краудсорсинг за видеострийминг	13
2.4.1. Формулиране на проблема	13
2.4.2. Концептуални модели на архитектура на система за мобилен краудсорсинг за видеострийминг	14
2.4.3. Модел на разширена архитектура на система за мобилен краудсорсинг за видеострийминг	15
2.4.4. Кодиране на видеосигнала за мобилни устройства	15
2.5. Общи задачно-ориентирани модели на архитектури на краудсорсинг системи	16
2.6. Систематизация на предложените концептуални модели за задачно-ориентиран мобилен краудсорсинг	16
2.7. Изводи към глава 2	16
Глава 3. РАЗВИТИЕ НА МОБИЛНИ ПРИЛОЖНИ СИСТЕМИ И УСЛУГИ	17
3.1. Система Footlikers за мобилен краудсорсинг на футболни мачове в реално време	17
3.1.1. Обхват на системата	18
3.1.2. Функционалности на системата Footlikers	18
3.2. Архитектура на системата	19
3.2.1. Основни компоненти на системата	19
3.2.2. Архитектура на системата за видеострийминг	19
3.2.3. Архитектура на системата в случая на Sportlikers	19
3.3. Компоненти на системата Footlikers	20

3.3.1. Уебплатформа Footlikers	20
3.3.2. Мобилно приложение Footlikers за видеострийминг	20
3.3.3. Мобилно приложение Footlikers с разширени възможности	21
3.3.4. Мобилно приложение Sportlikers за емисионен текстов поток за футболен мач	22
3.4. Изводи към Глава 3	24
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	25
Резюме на получените резултати	25
Претенции за научно-приложни приноси	25
Практическа приложимост на резултатите от дисертационния труд	25
Перспективи за бъдеща работа	26
Апробация	26
Публикации по дисертационния труд	27
Благодарности	28
Д Е К Л А Р А Ц И Я	28
Библиография	29

УВОД

Актуалност на темата

Тема на настоящия дисертационен труд са мобилните приложни системи и услуги. Предметната област е широка и предоставя големи възможности за различни изследвания както в теоретичен, така и в приложен аспект. Повсеместното използване на мобилни устройства (смартфони, таблети и др.), разнообразните мобилни приложения и услуги за тях продължават да бъдат сред най-бързо развиващите области на ИКТ. Основни проблеми, които възникват в тази сфера произтичат от ограничените ресурси на мобилните устройства – памет, енергозависимост и др., както и по-ограничените възможности на операционните им системи. Тези пречки са особено критични и за бизнес приложения, организационна и корпоративна работа с достъп до големи масиви от информация, с необходимост от криптиране и сигурна защита. Следователно, разработването на приложения за мобилни устройства изисква иновативен подход към предоставяните уебслужби, към обмена на данни и взаимодействието с потребителя, и съответните обслужващи мобилни приложни системи.

През последните десетина години в областта на компютърните науки и приложенията им все по-голямо развитие намира **краудсорсинг парадигмата** като нов тип услуги и бизнес модел в Интернет. Основната роля в краудсорсинга (КС) се възлага на голямо множество от хора, което **ще наричаме КС-тъпна**, ангажирани с отворена покана, за извършването на определена работа или решаване на задача, като използват собствени мобилни, сензорни и друг тип устройства за работа и/или комуникация в световната мрежа.

Терминът „краудсорсинг“ получава по-широко разпространение след 2010 година. Основните форми на краудсорсинг са: КС за решаване на научни или технически проблеми, краудсенсинг, мобилен КС, краудфъндинг, крауд гласуване, КС за разработка на софтуер, КС за креативни дейности, за услуги по заявка и други. По-специално, в областта на системите за **мобилен КС** стоят редица проблеми по избор и създаване на моделни архитектури, осигуряване на достъп и обработка на информацията в облачна среда, качество на услугата и др. съобразно типа КС. Създаването на ефективни системи за обработка на големи потоци от потребителски данни, и в частност на видео на живо от мобилни към мобилни устройства изисква създаване на подходящи архитектури, прилагане на технологии и услуги, и разработка на специализирани мобилни приложения.

Цел и задачи на дисертационния труд

Настоящият дисертационен труд е посветен на изследвания в областта на приложенията на мобилните системи за обслужване на голям брой потребители с мобилни устройства.

Основна цел на дисертационния труд е:

Изграждане на концептуални модели на мобилни приложни системи с разширена архитектура и реализация на система за мобилен краудсорсинг за видеострийминг

Подцелите и задачите, които се поставиха за постигане на основната цел са:

1. Да се проучат и систематизират литературните източници за най-разпространените съществуващи мобилни приложни системи и услуги, и в частност свързаните с мобилния краудсорсинг.
 - 1.1. Да се класифицират най-популярните съществуващи мобилни приложни системи, технологии и приложения в областта на мобилния софтуер и услуги според сферата на приложение.
 - 1.2. Да се направи класификация на системите за мобилен краудсорсинг според решаваните задачи и брой КС-тъпни.
 - 1.3. Да се изучат и систематизират системите за мобилен краудсорсинг за видеострийминг на големи сензорни данни.
2. Да се изградят концептуални модели на системи за пространствен мобилен КС.

- 2.1. Да се определят изискванията към модела и се развие концептуален модел на приложна система за мобилен КС за видеострийминг с разширена архитектура.
- 2.2. Да се изградят общи модели на архитектури за мобилен КС с различен брой КС-тълпи, задачи и работни потоци.
- 2.3. Да се създаде модел с хибридна архитектура.
- 2.4. Да се изследват, опишат и подберат подходящи софтуерни средства и услуги за реализация на моделите.
3. Да се създаде приложна система за пространствен мобилен краудсорсинг.
 - 3.1. Да се определят необходимите функционалности на система за мобилен КС на видеострийминг на футболни мачове.
 - 3.2. Да се изгради модел на архитектура на системата с разширени функционалности за постигане на висока скорост, качество и ефективност на преноса.
 - 3.3. Да се проектира и реализира авторска система за мобилен КС за видеострийминг.
 - 3.4. Да се създаде мобилно приложение за потребителския интерфейс на системата за мобилен КС за видео предаване на футболни мачове на живо.
 - 3.5. Да се създаде мобилно приложение за потребителския интерфейс на системата за мобилен КС с текстов емисионен поток информация от футболен мач на живо.

Структура и обем на дисертационния труд

Дисертационният труд се състои от заглавна страница; увод, три глави, заключение с резюме на получените резултати, декларация за оригиналност и библиография.

В **увода** е направено кратко въведение в конкретната научна област и актуалността на темата, формулирани са целта задачите на дисертационния труд.

Глава 1 е въведение в теорията и практиката на мобилните приложни системи и услуги. Систематизирани са основните тенденции и принципи на развитие, ИКТ парадигми и софтуерни средства, свързани с мобилните системи, технологии и инструменти за реализация на мобилни приложни системи. Въведени са основни понятия и термини в избраната тематика. По-специално внимание е отделено на системите за краудсорсинг, предназначение, видове, развитие.

В **Глава 2** е направена авторска класификация на мобилните приложни системи според сферата на приложението им: в медицината, образованието, електронната търговия и пр. Направен е литературен обзор и са дадени примери на такива системи. Представена е и класификация на известни от литературата системи за мобилен краудсорсинг. В следващата част на втора глава са представени разработени от автора обобщени концептуални архитектурни модели на мобилни системи за краудсорсинг. Моделите са изградени за различни типове архитектура според предназначението, задачите и ролите на участващите КС-тълпи потребители. Посочени са предимствата и недостатъците на тези модели.

В **Глава 3** е представена реализацията на авторската система за пространствен мобилен краудсорсинг Footlikers за видеострийминг на живо на футболни мачове с участие на две КС-тълпи потребители. Футболните събития се заснемат с мобилни устройства от една КС-тълпа потребители, видеоданните се преработват в облачна среда и се излъчват към мобилните устройства на друга КС-тълпа потребители. Системата е базирана на модел с разширена архитектура и функционалности. Към системата са разработени два типа мобилни приложения – за видеострийминг и за текстов поток. Системата е тествана в реални условия за видео заснемане и предаване на футболни мачове в аматьорските футболни лиги на Франция, Белгия и Люксембург и е показала отлични резултати.

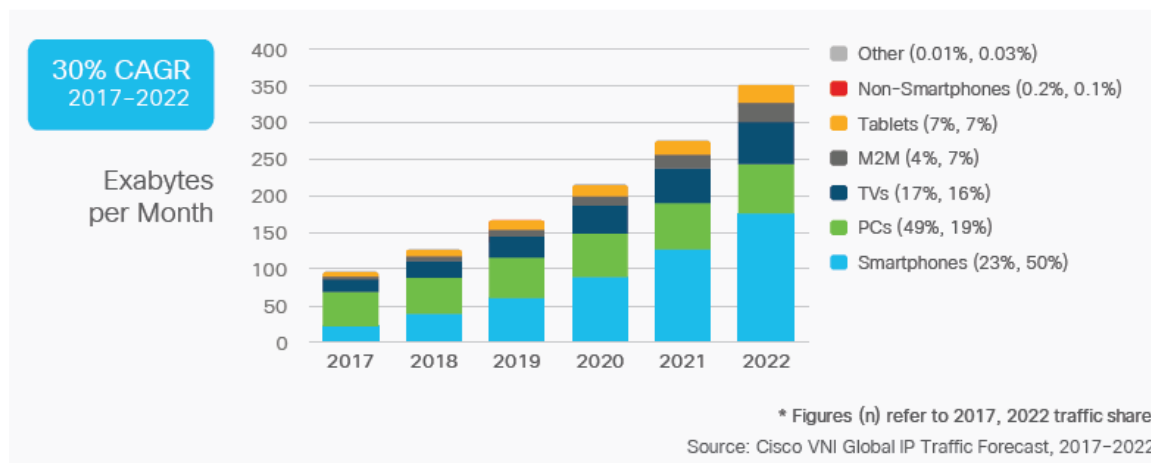
В **заключението** се съдържа резюме на получените резултати, претенциите на автора за научно-приложни приноси, апробация със списъците на изнесените научни доклади, участия в проекти и публикации по дисертационния труд, декларация за оригиналност. Описани са възможните перспективи за бъдещо развитие на изградените концептуални модели и тяхната софтуерна имплементация.

Глава 1. ВЪВЕДЕНИЕ

В тази глава са представени основните понятия, парадигми, методи и услуги в областта на ИКТ, свързани с мобилните приложни системи и технологии.

1.1. Мобилни устройства и ИТ парадигми

В този параграф е представено текущото състояние, тенденциите и прогнозите за развитие и употреба на мобилните устройства в световен мащаб.



Фиг. 1.3. Разпределение на глобалния интернет трафик в екзабайти на месец за 2017 година и прогнози до 2022 г. между различните типове устройства (Cisco, 2018).

Кратката статистика показва, че мобилните устройства (смартфони, планшети и др.), операционни системи и мобилни приложения за тях са основен фактор на компютърния пазар (Meikang et al., 2017).

Разглеждат се и основните ИТ парадигми, свързани с мобилния софтуер и услуги:

- Парадигма на облачните изчисления (ОИ, Cloud Computing)
- Мобилни облачни изчисления (МОИ);
- Парадигма на Големите данни (ГД)
- Парадигма на Интернет на нещата (ИН)

1.2. Въведение в мобилните приложни системи и услуги

Описани са основни понятия като система и архитектура на система. Въведено е следното определение на мобилна приложна система, използвано в дисертационния труд:

Под мобилна приложна система ще разбираме софтуерна система, базирана на интернет, за предоставяне на специфични услуги на голям брой мобилни устройства.

Тук не се включват системите на мобилните оператори, доставчици на мобилни телекомуникационни услуги чрез безжична технология, не се разглеждат и платформите в изчислителните облаци, както и информационни системи, предоставящи мобилни услуги като елемент, напр. от държавната администрация, здравното осигуряване и др. системи.

В дисертационното изследване основно ще се спрем на мобилни приложни системи, софтуерни средства и услуги, представени в литературата.

Краудсорсинг парадигма

В областта на компютърните науки все още няма ясна дефиниция за понятието краудсорсинг. Самото понятие еволюира много бързо във времето с постоянно разширяване на областите на приложение и видовете КС, както и с натрупването на все по-голям брой реализирани проекти. Терминът е въведен от Джеф Хау през 2006 г. като:

„бизнес практика, която буквално означава да се възложи дадена дейност на тълпата“.

В литературата могат да се намерят над 40 различни определения. Привеждаме тук и следното обобщено определение:

„Краудсорсингът е вид онлайн активност, при която дадено лице, институция, организация с нестопанска цел или компания предлага на група лица с различно познание, хетерогенност и брой, чрез гъвкава открита покана да изпълни определена задача.” (Estellés-Arolas et al., 2012).

Съвременните мобилни устройства (смартфони, таблети) осигуряват отлични възможности за висококачествени снимки и запис на видео, комбинирани с технологиите за комуникация, които улесняват трансфера на различен тип информация през интернет. Когато такъв тип дейност се осъществява от заинтересована група хора, се прилага терминът **мобилна КС-тълпа**. В най-общия случай парадигмата за **краудсорсинг** включва използването на потенциално големи групи (КС-тълпи) от участващи хора, без или срещу заплащане, да изпълняват разнообразни задачи от различно естество - от решаване на изследователски проблем и онлайн маркетинг до събиране на сензорни данни за околната среда или споделяне на информация. През последните няколко години този нов подход за колективни целенасочени дейности се превърна в предпоставка за ново направление в развитие на софтуера в полза на бизнеса.

В различна степен, КС включва следните основни компоненти (Korthaus and Dai, 2015):

- ясно определена КС-тълпа от ангажирани индивиди,
- задача и цел;
- ясна компенсация за вложения труд и усилия, получавана от КС-тълпата;
- процесът на участие (с работа, пари, знания или опит) е онлайн определен;
- има открита покана за участие;
- използване на ИКТ.

Видове краудсорсинг

КС се класифицира в четири основни категории:

- Статичен краудсорсинг (Situating Crowdsourcing),
- Пространствен краудсорсинг (Spatial Crowdsourcing),
- Краудсенсинг (Crowdsensing),
- Краудсорсинг с преносими устройства (Wearables Crowdsourcing),

които се разглеждат като „нови конфигурации на хардуер, софтуер и хора като ИТ-медиирани КС-тълпи“ (Prpić and Kietzmann, 2017).

Състоянието на КС може да се проследи спрямо различни гледни точки и в много обзорни статии в областта, например (Hetmank, 2013; Lasecki and Bigham, 2013; Poblet et al., 2014; Zhao and Han, 2016; Li et al., 2016; Li et al., 2017; Ghezzi et al., 2018; Phuttharak and Loke, 2019) и др., включително и за проекти, свързани с националната сигурност на САЩ и въпроси на разоръжаването (Lee, 2017).

Мобилен краудсорсинг

При този тип КС участниците използват мобилните си телефони, таблети или други устройства и различни интелигентни аксесоари. Когато те са свързани и към интернет и МОИ, могат да се осъществят всички видове КС (Ren et al., 2015).

Мобилният краудсорсинг се отнася до КС-тълпа от хора, които доброволно събират и споделят данни, използвайки мобилни устройства (Fuchs-Kittowski and Faust, 2014). Основни аспекти, свързани с мобилните КС системи, спрямо организацията и управлението им са систематизирани в (Phuttharak and Loke, 2019)

Стандартно се приема, че краудсорсингът може да бъде полезен предимно за трудоемки приложения, като например разпознаване на изображения, разпознаване на реч, езиков превод. В ерата на ИИ, без необходимост от инсталиране на множество сензорни модули и наемане на професионалисти, КС може да разшири обхвата на сензорната система, за да покрие цял град и дори по-големи райони (Chen M. et al., 2014).

Класически примери за КС още от началото на века са Wikipedia (от 2001), Freelancer (от 2004), Facebook, Twitter и др., в които КС-тълпа от индивиди с различна експертиза създават доброволно индивидуално и/или колективно текстови и видео ресурси в полза на КС-тълпи потребители от целия свят. Всеизвестен пример за КС е човешката изчислителна платформа Amazon Mechanical Turk (MTurk, 2019), която разполага с повече от 50 000 "човешки разузнавателни задачи", поставяни от КС-тълпа от заявители (requesters) - клиенти на MTurk и достъпни за желаещи участници, които търсят работа. Типични задачи, които MTurk разпределя между своите работници (workers) са например – обработка на големи масиви от изображения, почистване на данни и проверка, аудио редактиране, транскрипция и превод на текстове, и т.н. (Sheehan, 2018). През 2015 Световната банка представи доклад в който оценява пазара на ATurk с около 500 000 регистрирани работници изпълнители от целия свят, макар и не всички от тях да са активни (Hitlin, 2016). Друг успешен КС проект (за услуги по заявка) е Clickworkers (<https://www.clickworker.com/>) с един милион работници, които събират различни данни по заявка на клиент и го доставят в реално време, и други (виж (Sheehan, 2018; Korthaus and Dai, 2015)).

С развитието на ИН и огромния брой сензорни устройства, ползвани за лични цели, в последно време КС в неговия вид краудсенсинг намира приложение в много други области. Като пример ще посочим проект за мрежа за изследване на земетресения към система за ранно предупреждение, основаваща се на събирана информация от смартфони (Finazzi, 2016). Могат да се посочат още много други приложения, напр. за сензорно наблюдение за замърсявания с опасни химикали (Monahan and Mokos, 2013), екологични наблюдения (An et al., 2015), управление на бедствия и КС в изчислителна мъгла (Poblet et al., 2014; Rauniyar et al., 2016). Голям брой примери могат да се намерят в обзорните статии (Chatzimilioudis et al., 2012; Fernando et al., 2013a; Ghezzi et al., 2018).

Краудсорсинг и видео

В областта на мобилните услуги и системи за краудсорсинг на видеосъдържание, включително онлайн видео, съществува голямо множество от публикации (виж (Hetmank, 2013; Fuchs-Kittowski and Faust, 2014; Prpić and Kietzmann, 2018; Lindeberg et al., 2011) и цитираната там литература). Определена част от тях засягат разработката на стандарти, концепции, архитектури и средства за създаване и споделяне на филми и видео в контекста на мобилния КС и парадигмата на ГД, в която този тип информация се включва (Chen M. et al., 2014).

Обзор на текущото състояние на развитието и бъдещите предизвикателства, свързани с процесите на видеострийминг, основни архитектури и услуги, създадени през годините за стрийминг на живи и предварително записани видеоклипове, включително парадигмите на ГД и ИН, са представени в (Pereira and Pereira, 2016; Li et al., 2013). Множество аспекти в това направление, включително RESTful уебслужби и облачни изчисления могат да се намерят в (Christensen, 2009; Tang et al., 2017; Wu et al., 2017).

Обсъдени са преимуществата и недостатъците на краудсорсинга и тенденциите на развитие.

В настоящия дисертационен труд се разработват предимно концепции и реализации на системи за мобилен КС от пространствен тип и от гледна точка на типа изпълнявани задачи.

1.3. Софтуерни технологии и средства за развитие на мобилни приложни системи и услуги

В този параграф се представят накратко ключови понятия и някои от основните технологии и програмни средства за развитие и имплементация на мобилни приложни системи, както и средствата, които са използвани в настоящия дисертационен труд.

- Услуги и уебслужби
- Архитектура ориентирана към услуги (SOA)
- Архитектурни стилове за уебслужби: SOAP, RESTFull

- Софтуерни рамки: Lumen-PHP микро-рамка, ADOBE AIR и др.

Основни технологии и софтуерни средства, използвани в настоящия дисертационен труд

От описаните технологии и средства в дисертационния труд са използвани:

- 1) Олекотен тип архитектура, базирана на SOA за мобилни устройства;
- 2) Технологии за минимизиране на общия обем предавани съобщения при осъществяване на мобилни уебслужби чрез използване на RESTfull спецификация;
- 3) Lumen-PHP микро-рамка за постигане на значително по-голяма скорост на услугите и комуникациите и защита на информацията;
- 4) ADOBE AIR framework за разработване на хибридни мобилни приложения: APIManager и VideoStream Manager
- 5) Осигуряване на асинхронна свързаност в мобилната система, което позволява на услугите и приложенията да функционират в ефективен режим;
- 6) Извършване на проактивно зареждане на данни от сървъра, като се вземе предвид графикът за извикване на услуги на клиента.

Този подбор от техники и средства като цяло е сравнително нов и не е разглеждан в достатъчна степен в публикациите. Иновативността се дължи основно на Lumen рамката в комбинация с RESTful спецификацията, разширената архитектура, които улесняват изпълнението на гореспоменатите изисквания.

1.4. Изводи към Глава 1

В Глава 1 са описани основни понятия, софтуерни подходи и парадигми, софтуерни средства и услуги, свързани с мобилните приложни системи.

В параграф 1.1 е представено текущото състояние на разпространението на мобилните устройства и прогнозите за развитие в тази сфера според водещи световни изследователски компании. Направен е преглед на софтуерните парадигми, свързани с мобилните системи.

В параграф 1.2 е дадено определение на понятието мобилна приложна система, върху което се базира дисертационния труд. Основно внимание е отделено и на понятието краудсорсинг и парадигмата на краудсорсинга. Описани са четирите вида КС, мобилният КС, както и научните аспекти на понятието, съпоставка на преимуществата и недостатъците на КС, и др.

Следващият параграф 1.3 съдържа ключови понятия и някои основни технологии и програмни средства за развитие и имплементация на мобилни приложни системи и услуги. В частност са описани: мобилни услуги, SOA технология, архитектурни стилове за уебслужби, софтуерни рамки за мобилни приложни системи, както и средствата, които са използвани в настоящия дисертационен труд.

Изложеното в тази глава, с множество примери и кратък литературен обзор недвусмислено показват, че избраната в дисертацията тема, и в частност краудсорсингът, е изключително актуална и е една от водещите в бъдещото развитие на ИКТ.

Глава 1 не съдържа приноси на автора.

Глава 2. КЛАСИФИКАЦИИ И КОНЦЕПТУАЛНИ АРХИТЕКТУРНИ МОДЕЛИ НА МОБИЛНИ ПРИЛОЖНИ СИСТЕМИ

Тази глава съдържа част от резултатите от **2 публикации на автора ([П3] и [П4])**. Представените класификации са разработени от автора и към момента не са публикувани.

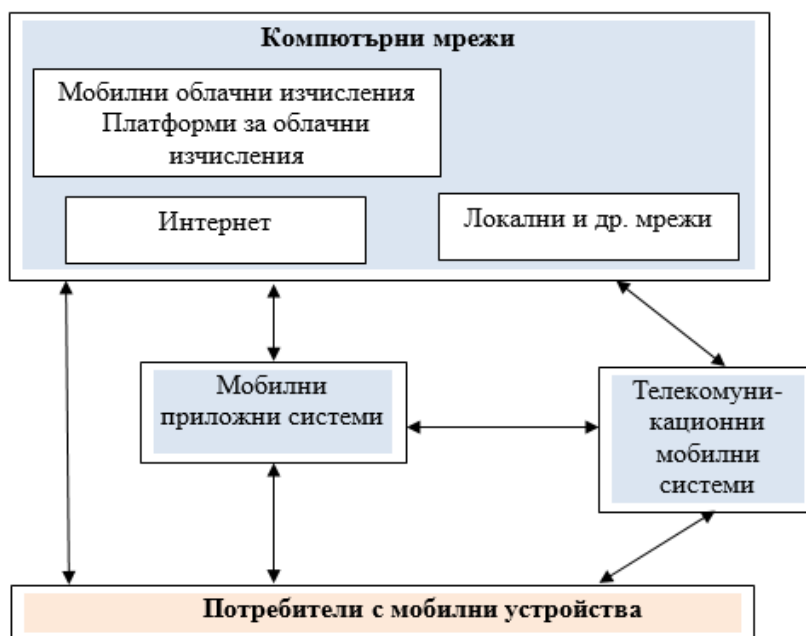
В първата част на главата (параграфи 2.1-2.2) се прави класификация на описаните в научната литература мобилни приложни системи от общ вид според сферата на приложението им, като не са включени краудсорсинг системите. В литературата няма публикации специално по тази тема.

Във втората част на тази глава се представят авторски концептуални модели за архитектури на системи за мобилен краудсорсинг, класифицирани спрямо броя КС-тълпи, типове и броя решавани задачи, и свързващите ги различни работни потоци.

2.1. Въведение

В Глава 1 определихме понятието **мобилна приложна система** като система, базирана на интернет, която има за цел да предоставя услуги на голям брой потребители с мобилни устройства. В литературата няма ясна дефиниция на това понятие. Липсва и класификация на съществуващите огромен брой различни по тип и предоставящи услуги мобилни системи по области на приложение. При приетото от нас определение, в тази глава си поставяме за цел да систематизираме и представим обща класификация на мобилните приложни системи както и да посочим примерни системи.

На Фиг. 2.1 предлагаме следната обща схема на мобилната среда и включените мобилни приложни системи в нея.



Фиг. 2.1. Обща схема на мобилната среда и нейните основни компоненти.

2.2. Класификация на мобилните приложни системи според сферата на приложение

Първата класификация обхваща:

- Мобилни приложни системи и услуги в здравеопазването и медицината
- Мобилни приложни системи в образованието
- Мобилни приложни системи и услуги в електронната търговия - м-търговия и м-банкиране
- Мобилни приложни системи в областта на спорта
- Други мобилни приложни системи и услуги

Таблица 2.1. Класификация на мобилните системи според сферата на приложението им.

Сфера на приложение	Предназначение (задача)	Обрат на връзка	Примерни системи
Здравеопазване и медицина - м-здраве	Здравни консултации, превенция, рехабилитация	да	CAP-CR, Care4life-SMS, (Neubeck)
	Проследяване на състоянието чрез здравни сензори	да	eCAALYX, (Lee C.S.), (Minutolo)

	Спешна помощ	да	(Steinhubl), (Gaziel)
	Управление на здравни системи	да	(Ji), (Ganchev), (Paul)
Образова- ние - м-обучение	Предоставяне на съдържание за мобилни потребители	не	KNOWMOBILE, MIVLS - видео, PISM
	Образователни услуги	не	(Stoyanov), (Cavus)
	М-обучение в час	да	(Su), (Stavrev), Quiz It
	Мобилно изпитване	да	mTest, (Cavus)
	М-самоподготовка	да	Quiz It
	Сензори в м-обучението	да	(Padilla)
М-търговия	М-търговия и интелигентни услуги	да	E-CWE - агенти), (Yan – диалог на естествен език), (Zhang)
	М-банкиране	да	(Shaikh)
	Сигурност	не	STAMBA, (Johnson)
	Реклама/препоръки	да	(Zhang)
Спорт	Сензорно проследяване на тренировка	не	MOPET – фитнес, (Spelmezan – сноуборд), Menkarini – скално катерене
	Сензорно проследяване на екипна игра	не	STREAMTEAM – футболен мач, FileMaker Go – водна топка, Herakles - екип
	Сензорни тренировки за здраве и рекомендации	да	GymSkill
	Предаване на видеоклипове от играта	не	eStadium – футбол, TuVista
	Предаване на живо чрез видеострийминг и друга спортна информация	не	YinzCam – 40 вида спортове към мобилни потребители
	Детайлно проследяване на играчи – трекинг и статистики	не	(Charalampaki – футболисти), (Gallego)
	Участие във виртуални игри	не	VAIR FIELD – чрез сензори на главата
Други мобилни приложни системи	Наблюдения на околната среда – чистота на въздуха, градски трафик и др.	не	(Koval), (Daponte), (Khan) и др.
	Туризм – съвети и споделяне на информация в реално време и др.	да	(Noguera), MeLog
	Гражданско строителство	да	(Siebert – безпилотни летателни апарати)
	М-земеделие – интелигентни ферми, диагностика на заболявания, рекомендации и др.	да	(Lee M.), (Yusof – M-DCocoa)
	Интелигентен паркинг, динамичен маршрут и логистика	да	(Hans), (Wan- киберфизична система)
	Хранителна промишленост	да	(Rateni)

2.3. Класификация на системите за мобилен краудсорсинг по типове задачи

В Глава 1, параграф 1.2 са представени основните 4 вида краудсорсинг от литературата: статичен, пространствен, краудсенсинг и КС с преносими устройства. Тази класификация може да се определи предимно като хардуерно зависима. От тях последните три вида са в сферата на мобилния краудсорсинг. В съответствие с тематиката на дисертационния труд ще се ограничим с класификация предимно на **мобилните КС системи**.

Таблица 2.2. Класификация на системите за мобилен краудсорсинг по тип задача и брой КС-тълни.

Сфера на приложение	Предназначение (задача)	Брой задачи - КС-тълни	Обрат на връзка	Примерни системи
Бази данни	Създаване и обработка на съдържание	1 - 1	не	CrowdDb, HoneyBee, T-Crowd, GigaSight, (Liu)
Мониторинг на околната среда	Сензорно наблюдение и събиране на данни за градския въздух	1 - 1	не	TRAC
	Сензорно наблюдение и събиране на данни за опасни химикали и токсини	1 - 1	не	Cell-All
	Предупреждение за земетресение чрез акселерометри	1 - 1	не	EEW System
	Предотвратяване на свлачища	1 - 1	не	(Choi – снимки и информация)
Социално ориентирани задачи	Услуги за геолокация, пътен трафик и др.	n - 2	да	gMission, mCrowd, (Koukoumidis), CrowdPlanner
	Превенция на престъпността	1 - 1	не	iSafe
	Управление на кризи и извънредни ситуации	1 - 1	не	Rescuer
	М-търговия	1 - 1	не	MobiCrowd
	Опазване на културното наследство	1 - 1	не	(Turner)
Услуги по заявка:	Доставка на пратка	1 - 1	да	(Rougès – доставки)
	Почистване или ремонт на жилище и др.	1 - 1	да	(Jonathan)
	Обща пространствен тип работа	1	не	txteagle
Мобилно гласуване, конкурси	Създаване на нов продукт, изучаване на мнения на клиенти и др.	1 - 1	не	FoodSwich
Смесен тип услуги в различни области	Хибриден тип, с общо смесено предназначение	n - n	да	CrowdService, GigaSight

2.4. Развитие на концепция за система за мобилен краудсорсинг за видеоотрийминг

Резултатите от този параграф са публикувани в [П2, П3]

2.4.1. Формулиране на проблема

Разглеждаме проблема, свързан с обработка на големи потоци от видеоданни от и към мобилни устройства в облачна среда. Изходната задача е представена схематично на Фиг. 2.8. Взаимодействието между системните компоненти е отбелязано със стрелки.



Фиг. 2.8. Обща задача за краудсорсинг на видеострийминг.

Обработката на предаване/приемане на единични видеофилми не представлява особен интерес. В случая на масиран и съсредоточен във времето и/или пространството поток на голям брой заснемания и предавания на събития, интересни за големи КС-тълпи потребители задачата може да се реши с едновременното им обслужване от специализирана система и предоставяните от нея съответни мобилни услуги. Асинхронното участие на голям брой потребители в такава система и осъществяването на ефективен видеострийминг за по-големи интервали от време изисква нови подходи при реализация на такъв тип система.

Ключови проблеми, които възникват са:

- Постигане на скорост и качество на масовия трафик и обработка на създаваните и използвани видеоклипове при ограничените ресурси на мобилните устройства (памет, скорост на обработка на информацията, голямо разнообразие на сензорни устройства и техните физични параметри, голямо разнообразие на самите мобилни устройства - производствени марки и др., вкл. качество на батериите, и др.). При интензивен трафик това може да доведе до претоварване на цялата система, както и до влошаване качеството на видеострийминг.
- Предоставяне на услуги, съобразени с различните потребителски мобилни операционни системи и с техните ограничени възможности.
- Осигуряване на защита на личните данни и останалата информация, която се обработва от системата.
- Решаване на основния проблем, касаещ включването на достатъчен брой участници в КС-тълпите (критична маса) с подходящи привлекателни условия за работа (със или без заплащане, рейтинг, награди и др.).
- Предоставяне на удобен, висококачествен и привлекателен потребителски интерфейс, и др.

2.4.2. Концептуални модели на архитектура на система за мобилен краудсорсинг за видеострийминг

Основният тип архитектура на КС система за обмен на данни е линеен със следните компоненти: участници за събиране (доставка) на информация, сървър за съхранение и обработка на информацията и крайни потребители (Fuchs-Kittowski and Faust, 2014).

Представени са два модела на архитектури. Основни компоненти на тези концептуални модели са:

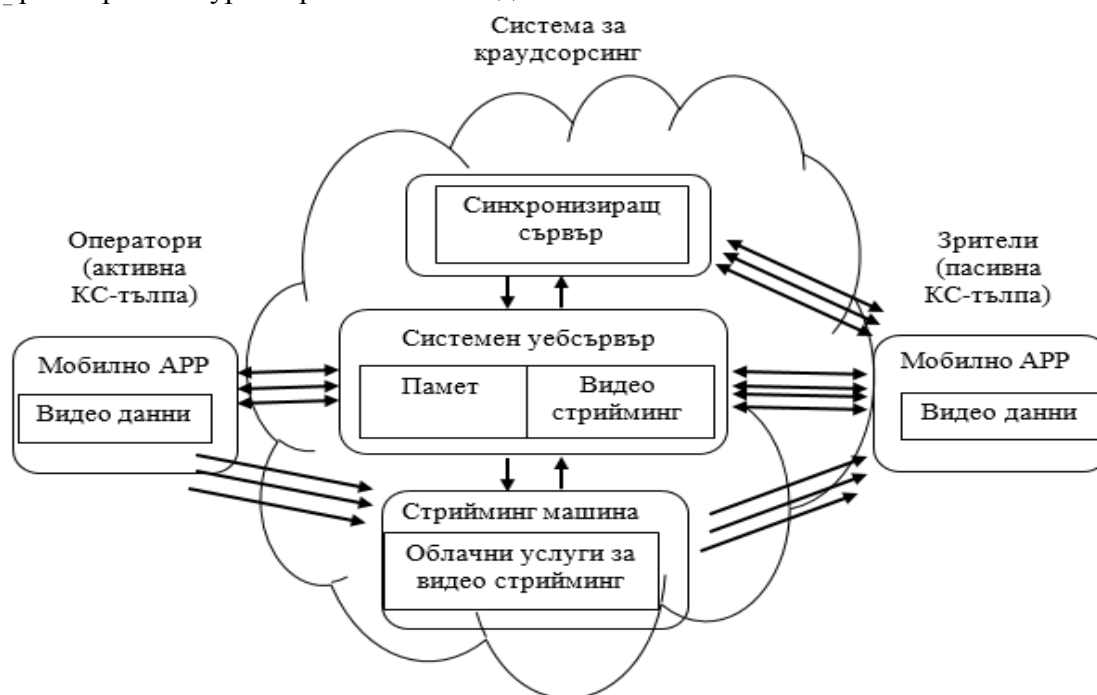
- Активна КС-тълпа;
- Системен уебсървър
- Машина за видеострийминг
- Пасивна КС-тълпа

2.4.3. Модел на разширена архитектура на система за мобилен краудсорсинг за видеострийминг

С архитектура от тип Модел 1 и Модел 2 като цяло се постигат задачите, формулирани в 2.4.1. Но при по-голямо натоварване на системата, не винаги е възможно ефективно да се синхронизира времето на поточното предаване спрямо реалното. Такъв проблем би имало в случая на спортни състезания с определени интервали от време (футболен мач, време за гласуване и др.). Възможни са чести прекъсвания на събитието, прекъсвания от страна на заснемащия, технически или метеорологични причини и др. Възниква необходимост от допълнителен тип функционалности на системата, например за правилно отчитане на относителното време, така че всеки потребител да го вижда на екрана на мобилното си устройство по всяко време. При представените модели 1 и 2, за да се синхронизира действителното време, всички потребители ще изпращат непрекъснато голям брой заявки към основния сървър. Това значително може да претовари и затрудни неговата работа с изпращане на заявки към базите данни всеки път, когато постъпи потребителска заявка. За разрешаване на подобни проблеми се предлага следващия модел 3.

Модел 3 с разширена функционалност

В модел 3 архитектурата от Модел 1 и Модел 2 се разширява с добавяне на нов компонент: синхронизиращ сървър. Целта на този сървър е да разрешава проблемите с евентуалните закъснения и претоварването на системата, и по този начин да се ускори процесът на предаване на големите масиви от видеоданни. За да получат текущото състояние на времето на събитието, всички зрители ще изпратят допълнителна заявка към сървъра за синхронизиране, вместо към основния системен сървър, както е в модели 1 и 2. Моделната разширена архитектура с три нива по Модел 3 е показана на Фиг. 2.11.



Фиг. 2.11. Системна трислойна архитектура по Модел 3 с разширена функционалност на КС за видеострийминг.

2.4.4. Кодиране на видеосигнала за мобилни устройства

За постигане на добро качество на клиповете кодирането на видеоданните трябва да е съобразено с конкретните технически характеристики както на излъчващото, така и на приемащото мобилно устройство. Поради голямото разнообразие на потребителските устройства, следва да се предвидят няколко нива на кодиране. Самото кодиране може да се извършва по стандарта video codec H.264/MPEG-4 AVC (H.264, 2018).

2.5. Общи задачно-ориентирани модели на архитектури на краудсорсинг системи

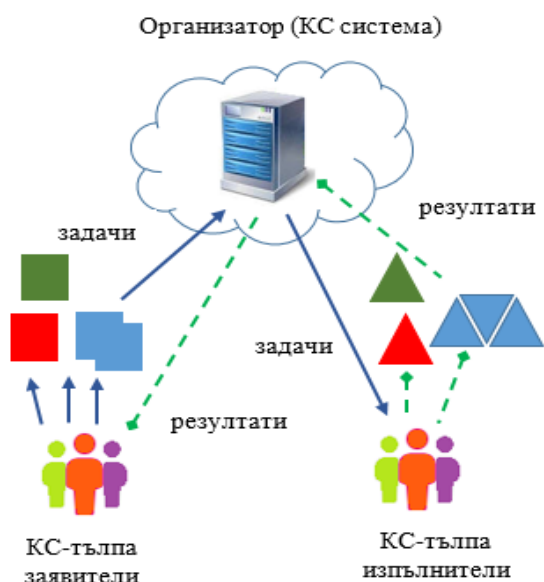
Представените концептуални модели в параграф 2.4 се отнасят за случая на КС системи за видеострийминг. В този параграф се предлагат моделни архитектури за по-общии видове системи и по-специално на **задачно-ориентирани пространствено-времеви тип мобилни КС системи**. Последните системи са такива, в които участието на потребителите е свързано с мястото и/или времето на изпълнение на задачата.

КС системите разглеждаме от гледна точка на тяхната задачна ориентация и спрямо броя на задачите и КС-тълпите. При различни комбинации получаваме специфична архитектура за поддръжка на работните потоци по решаването на задачите. Архитектурите са представени в схеми. Общият тип архитектура стандартно може да бъде представена според броя КС-тълпи и задачи в следните 4 типа модели:

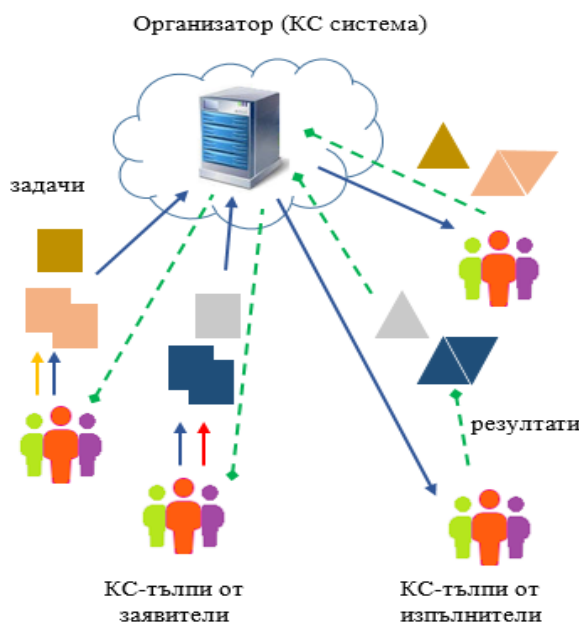
- с една КС-тълпа и една задача;
- с две КС-тълпи и една задача;
- с две КС-тълпи и много задачи;
- с много КС-тълпи и много задачи.

В някои случаи резултатите от решаване на задачата се предоставят обратно на началните „заявители“, което ще наричаме „с обратна връзка“.

Като примери на Фиг. 2.15 и Фиг. 2.17 са дадени схеми на Модел 6 (2-n) и Модел 8 (n-n).



Фиг. 2.15. Системна архитектура за Модел 6 (2-n) на КС система с две КС-тълпи и много задачи с обратна връзка.



Фиг. 2.17. Концептуален Модел 8 (n-n) на хибридна КС система с обратна връзка.

2.6. Систематизация на предложените концептуални модели за задачно-ориентиран мобилен краудсорсинг

Направена е систематизация на случаите и класификация по брой КС-тълпи, брой задачи и роля на КС-тълпите в обща Таблица 2.3.

2.7. Изводи към глава 2

Глава 2 представя приноси авторски изследвания и резултати в областта на темата на дисертационния труд от научно-приложен характер.

На база на прегледаните над 300 публикации, основно в световните бази данни Scopus, както и на Google Scholar, се оказа, че в областта на **мобилните** приложни системи не съществуват класификации спрямо сферата на приложението им. За решаване на

поставените задачи на дисертационния труд в параграф 2.1 е представена схема на автора, за определяне на функционалното място на мобилни приложни системи в мобилна среда и са определени направленията за развитие на концепции за моделни архитектури на мобилни приложни системи и на КС системи в задачно-ориентиран аспект – брой задачи и брой КС-тълпи. В параграф 2.2 е се прави класификация на мобилните приложни системи според сферата на приложение – м-образование, м-здраве, м-търговия и др. В параграф 2.3. се прави аналогична класификация за системите за мобилен краудсорсинг. Към двете класификации са приведени голям брой примери.

В следващата част от Втора глава са представени авторски концептуални модели на системи за краудсорсинг, като основно внимание е отделено на системи за мобилен краудсорсинг, и на пространствено-времевия му вариант. Предложените концепции се основават на сървис-ориентирана облачна архитектура и мобилни услуги, включително съответни мобилни приложения за обработка на големи масиви от данни в реално време. Важни аспекти са идентифициране на проблемите с преноса и съхраняването на данни, контрол на достъпа, обработката на данните и заявките към системата в реално време, постигане на скорост и качество на предоставяните мобилни услуги, синхронизация на времето и др.

В параграф 2.4 е представена концепция за система за мобилен краудсорсинг на видеострийминг и разширен вариант за предоставяне на мобилни услуги в пространствено-времевия случай. Този процес играе ключова роля в създаването и използването на специализиран софтуер, инфраструктура и платформи, особено за мобилни приложения за стрийминг на живо.

В параграф 2.5 е направено обобщение на представените в 2.4 моделни архитектури за случая на задачно-ориентирани системи за пространствено-времеви мобилен краудсорсинг с общо предназначение. Моделите включват архитектури с различен брой КС-тълпи, в зависимост от различния тип решавани от тях задачи. Представен е и общ модел за хибриден тип системи. Част от тези архитектури описват съществуващи системи за КС, а други са обобщения и имат научно-теоретичен характер на обобщение. В параграф 2.6 е направена систематизация на построените концептуални архитектурни модели. Приведени са примери.

Следва да се отбележи за тези модели, че по-специално внимание е отделено на дизайна на система за КС от гледна точка на участващите КС-тълпи, видове и брой задачи, както и на работните потоци (със и без обратна връзка на резултатите към заявителя им). Посочени са случаи, при които е обосновано включването на повече от две КС-тълпи в системата и необходимост от дизайн от тип „много-към-много КС-тълпи“. Предложени са концептуални модели с независими КС-тълпи и частично припокриващи се относно участниците в тях.

Дискутирани са преимуществата и недостатъците на предложените концептуални модели.

Глава 3. РАЗВИТИЕ НА МОБИЛНИ ПРИЛОЖНИ СИСТЕМИ И УСЛУГИ

Резултатите от тази глава са публикувани в [П1, П2, П3]. Представени са реализации на автора на конкретни софтуерни разработки. Компонентите и архитектурата на системите са в съответствие с представените модели на архитектура, описани в Глава 2. Описана е авторската система Footlikers – приложна система за пространствен мобилен краудсорсинг за видеострийминг на футболни мачове в реално време и две мобилни приложения към нея.

3.1. Система Footlikers за мобилен краудсорсинг на футболни мачове в реално време

Целта на системата Footlikers е да организира и управлява информация за спортни събития – аматьорски футболни мачове, провеждани във футболните лиги във Франция, Белгия и Люксембург. Системата е от тип **времеви-пространствен мобилен краудсорсинг**, тъй като задачата е свързана с времето и мястото на провеждане на всеки футболен мач, и

съответно с дейностите на КС-тълпите. По класификацията от параграф 2.5 системата е еднозадачна и без обратна връзка.

При реализация на системата бяха поставени следните **основни задачи**:

1. Да се определи обхватът на системата – количество футболни мачове и брой заснемащи ги, брой възможни крайни потребители, и др.;
2. Да се определят времевите и пространствени характеристики на избраната предметна среда (футболни мачове) и техните граници, като детайли на възможните сценарии на футболната игра и др.;
3. Да се определят необходимите функционалности на системата;
4. Да се разработи модел на архитектура на системата за постигане на висока скорост, качество и ефективност на преноса.
5. Да се проектира и създаде уебсайт на системата;
6. Да се създаде мобилно приложение за потребителския интерфейс на системата за мобилен краудсорсинг за видеопредаване на футболни мачове на живо.
7. Да се подбере и реализира алгоритъм за видеопреноса, с подходящо избран видеокодек;
8. Да се създаде мобилно приложение за потребителския интерфейс на системата за мобилен краудсорсинг за предаване на потока от емисии;

Близко по тип приложение е YinZCam, но без прилагане на краудсорсинг парадигмата (Mickulicz et al., 2013).

3.1.1. Обхват на системата

Системата бе разработена в двата варианта съответно в периода 2015-2016г. - Sportlikers.com и в периода 2016-2017г. – Footlikers.com. Количеството футболни мачове е над 800. Общият брой регистрирани потребители е около 20000. Той е лимитиран в съответствие с броя регистрирани потребители на Footlikers.com.

3.1.2. Функционалности на системата Footlikers

За осъществяване на предаването на видеоданните през интернет системата има основен сървър за управление на процесите и множеството от голям брой потребителски заявки както за предаване, така и за получаване, както и осигуряване на добро качество и достатъчна скорост в реално време. Друг ключов компонент на системата е мобилно приложение (APP) за кодиране и компресиране на видеоданните и преносът им чрез видеострийминг. Процесите на предаване на видеострийминга на футболни мачове от различни мобилни източници по различно време към различни крайни мобилни потребители са с относително голямо времетраене и с подчертано асинхронен характер, като може да се прекъсват и подновяват по различни причини. Това налага допълнителна обработка, която да синхронизира предаванията с реалното време на футболната игра. Решаваната приложна задача е типичен пример на мобилен краудсорсинг с две КС-тълпи, описана в Глава 2.

Възникват няколко **основни подзадачи**, от които зависи постигането на добри изходни характеристики на системата, сред които:

- Избор на подходящ video codec за компресиране и декомпресиране на цифровото видео;
- Избор на видео стрийминг сървър за обработка на масирания стрийминг в облака;
- Отчитане на скоростта и качеството на интернет връзката на излъчващия събитието;
- Отчитане на скоростта и качеството на интернет връзката на крайния потребител.

Трябва да се отбележи, че само първите две подзадачи могат да се контролират софтуерно, а последните два зависят от качествата на мобилните устройства на потребителите.

Функционални изисквания

Представените изисквания са за примера на видеострийминг на футболни мачове, но може лесно да се адаптират и до друг вид видеосъдържание – за други спортове, за културни събития в определена тематика като кино, театрални постановки, концерти, и т.н.

При заснемане на аматорско видео на футболни мачове, бяха поставени следните функционални изисквания:

- Системата се реализира на системен сървър, който предоставя мобилните услуги и съхранява всички данни.
- Основната бизнес логика се изпълнява на сървъра, който обработва всички заявки.
- Всички потребители се регистрират в уебсайта на системния сървър.
- Управлението и достъпа до услугите изискват мобилно приложение.
- Системата поддържа чрез мобилно приложение два вида сесии (роли): Излъчващ оператор и Зрител
- Всеки потребител може да получава видеокартина за всеки предаван футболен мач без заплащане.
- Няма ограничение за броя на потребителите на КС.

3.2. Архитектура на системата

В процеса на развитие на системата бяха реализирани няколко варианта с различна архитектура. В този параграф са представени три от тях.

3.2.1. Основни компоненти на системата

В съответствие с предназначението и задачите на КС система основните компоненти са:

- Уебплатформата за социални мрежи Footlikers, която предоставя необходимите мобилни услуги и организация на потребителските КС-тълпи;
- Мобилно приложение Footlikers;
- Мобилно приложение Sportlikers.

3.2.2. Архитектура на системата за видеострийминг

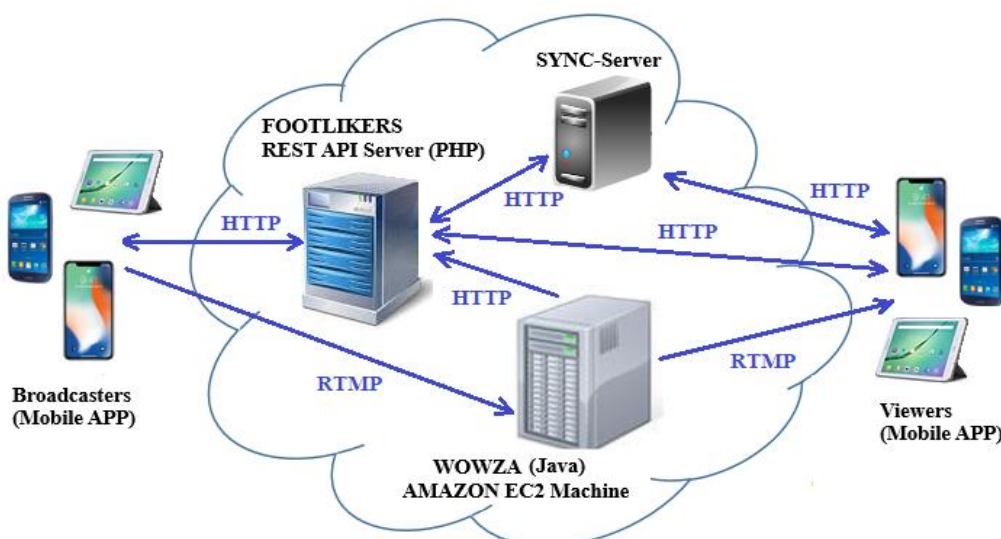
Първоначално системата бе реализирана с двуслойна архитектура, която осигурява изброените функционалности в параграф 3.1.2, изградена по общия тип Модел 2 (Глава 2).

При много голям брой потребители с двуслойна архитектура не може ефективно да се синхронизира времето на самия мач заедно с многобройните му основни етапи и други аспекти на футболната игра като прекъсвания на мача, добавяне на време, почивка на полувремето, метеорологични фактори и т.н. За да се синхронизира действителната минута на мача, всички потребители ще изпращат непрекъснато голям брой заявки на REST сървъра. Това от своя страна значително може да претовари и затрудни основния сървър, тъй като REST API трябва да изпраща заявки към базите данни всеки път, без да се отчита, че общата стабилност на системата може да бъде изложена на риск от срив.

За да се предотвратят такъв тип проблеми, се разработи модел с разширена архитектура, както е показано на Фиг. 3.2, с включването на допълнителен синк-сървър. Самият синк-сървър може да е много малък, с памет, например с 512 МБ, като единствената му цел е да се отчита правилно текущото време на дадена излъчвана игра. По този начин големият поток от постоянни потребителски заявки за синхронизиране на времето вместо от централния сървър ще се обработват отделно и със синк-сървъра.

3.2.3. Архитектура на системата в случая на Sportlikers

Както бе споменато, целта на Sportlikers Live е да се предоставя възможност на потребителите (фенове) да получават актуална информация по време на мероприятия и футболни срещи в реално време. Модераторите подават потока от информация чрез мобилните си устройства към сървъра, който осигурява получаването ѝ от феновете. Информацията е основно от текстов вид.



Фиг. 3.2. Модел на трислойна архитектура на системата Footlikers за мобилен краудсорсинг за видеострийминг.

3.3. Компоненти на системата Footlikers

Основни компоненти на системата са изброени в параграф 3.2.1 и се описват по-долу.

3.3.1. Уебплатформа Footlikers

Уебплатформата Footlikers е основен компонент, който свързва потребителите и обработва заявки. Съхранява данни, софтуерната част на системата за краудсорсинг и услуги, и отговаря за изпълнение на бизнес логиката. Основното предназначение на системата е за управление на бизнес среда на футболни клубове и социални модули.

Платформата е написана изцяло на софтуерната рамка CodeIgniter, спазвайки всички стандарти и общоприети правила на синтаксис и конвенции. Разполага с трислойна архитектура MVC, описана в Глава 1: визуална част, която е отделена в HTML темплейти, бизнес логика с езика PHP и база данни. Ползван е изцяло обектно-ориентиран принцип на програмиране с помощта на контролери и класове от самата рамка. Системата е инсталирана на адрес: <http://footlikers.com>.

3.3.2. Мобилно приложение Footlikers за видеострийминг

Приложението Footlikers работи със сървис-ориентирана двуслойна облачна архитектура, описана по-горе. Разработено е в две версии: една за iOS и една за Android. Потребителският интерфейс на мобилното приложение е на френски език.

Софтуерна имплементация

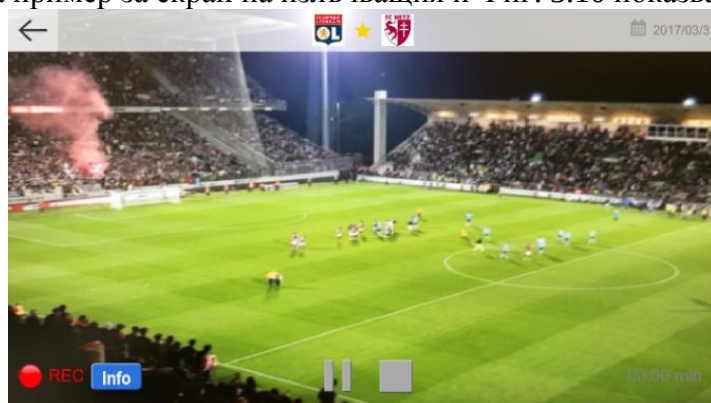
- ADOBE AIR: за разработване на хибридни мобилни приложения
- ActionScript: програмният език, който се използва за кодиране на бизнес логиката
- APIManager, VideoStream Manager и др. стандартните рамки на ADOBE AIR
- RESTFUL API е разработен с микрорамката LUMEN, която е най-ефективна по отношение на скоростта и възможностите
- NetConnection - за установяване на отворена връзка с WOWZA стрийминг сървър
- NetStream чрез Real-Time Messaging Protocol (RTMP) - за инициализиране на аудио и стрийминг връзка

Входен екран на приложението е показан на Фиг. 3.5.

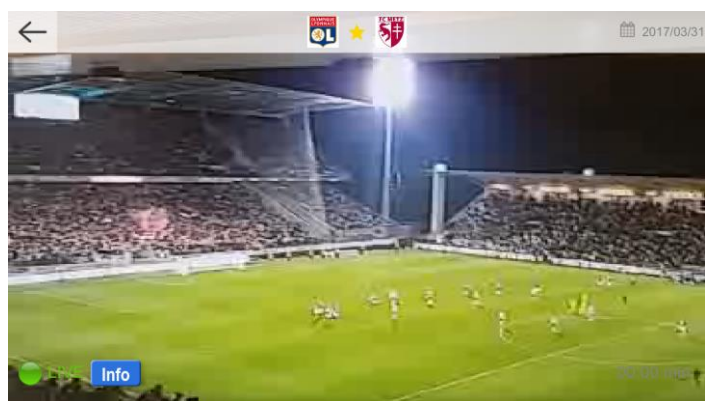


Фиг. 3.5. Входен екран на мобилното приложение Footlikers.

Фиг. 3.9 показва пример за екран на излъчващия и Фиг. 3.10 показва екрана на зрителя.



Фиг. 3.9. Изглед от заснето видео от предаващ участник.



Фиг. 3.10. Изглед от мобилното приложение на зрител.

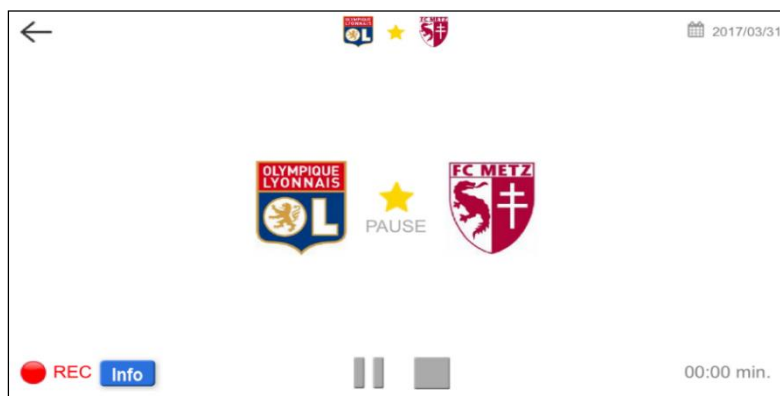
3.3.3. Мобилно приложение Footlikers с разширени възможности

При този вариант са осъществени допълнителни функционалности. Основната от тях е добавянето на синк-сървър за осигуряване на по-голяма скорост и решаване на проблема с възможен срив на системата. Предназначението на синк сървъра е правилно отчитане на относителното време на всеки от излъчваните мачове, за да може всеки зрител да го вижда на екрана на мобилното си устройство по всяко време.

Също така, възможно е потребителят да избира от три различни предварително зададени нива за качеството на излъчването на видеоклипа: високо, средно и ниско. Всяка предварителна настройка осигурява свое собствено различно качество на предавания поток

по отношение на различни параметри на видеокомпресията и на потока. Те се съхраняват на сървъра и могат допълнително да бъдат променени от администраторите на Footlikers.

Друга допълнителна функционалност е реализиране на функционална пауза, без прекъсване на потока. По различни причини излъчването може да се прекъсне: смяна на местоположението и гледната точка на излъчващия оператор, проблеми с устройството, и др. Изглед на екрана с бутона за пауза на филмовия интерфейс е показан на Фиг. 3.14.



Фиг. 3.14. Екран от мобилното приложение за пауза, достъпен само за излъчващия събитието.

3.3.4. Мобилно приложение Sportlikers за емисионен текстов поток за футболен мач

Общо представяне

Основната цел на мобилното приложение е да информира в реално време за резултатите от футболните мачове във френските аматьорски лиги. То е свързано със системната уебплатформа Footlikers. Приложението включва две приложения за основните смартфон операционни системи - iOS и Android. Реализирани бяха две приложения за iPhone (1 за модератор и 1 за потребител) и 2 приложения за iPad (1 за модератор и 1 за потребител).

Мобилното приложение е разработено като нативно приложение с използване на програмния език Swift (от страна на устройството) и Lumen Framework (от страна на API), REST (Redmond, 2016) и други мобилни технологии (Zammetti, 2014). Потребителският интерфейс е на френски език. Всеки път, когато потребител има достъп до модул или използва бутон, приложението изпраща заявка към основната платформа и получава JSON отговор.

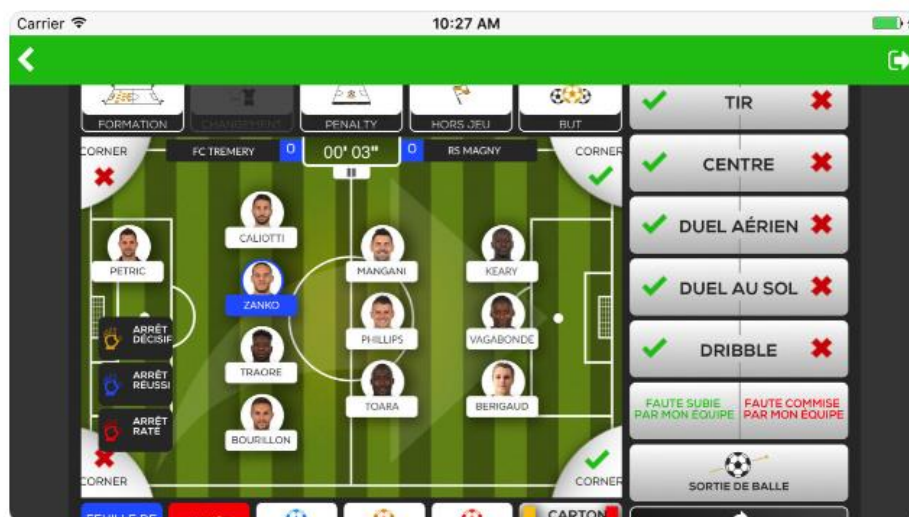
Основната бизнес логика се изпълнява на сървъра, където се обработват всички заявки. Потребителите на мобилното приложение получават PUSH известия в реално време за дадени футболни събития на любимия си отбор. Тези събития са допускане / отбелязване на гол, червен/жълт картон, смяна на играч и др. Самото приложение следва WEB-VIEW принципа. Web-View е системен компонент на операционната система Android, който позволява на приложенията за Android да показват съдържание от мрежата директно в приложението. За целта се добавя функционалност на брауъра към приложението чрез включване на библиотеката WebView и се създава копие на класа WebView. Така на практика е вграден брауър в приложението. Това дава възможност за използване на JavaScript/HTML5/CSS3 за реализация на функционалностите на приложението.

Приложението работи в две сесии и две КС-тълпи потребители: модератори и фенове. Модераторите са тези, които гледат мача и правят записи на събития, а потребителите ги получават чрез PUSH нотификация на техните мобилни устройства. Всеки модератор въвежда събития само за своя отбор и се получават само от потребителите на този отбор посредством код на мача. Посредством кода се допуска преглед на информацията относно отборите. Самите записи се записват също и в базата данни на текущите два отбора в главната платформа. Това става чрез имплементация на REST API с главния сървър. Тоест,

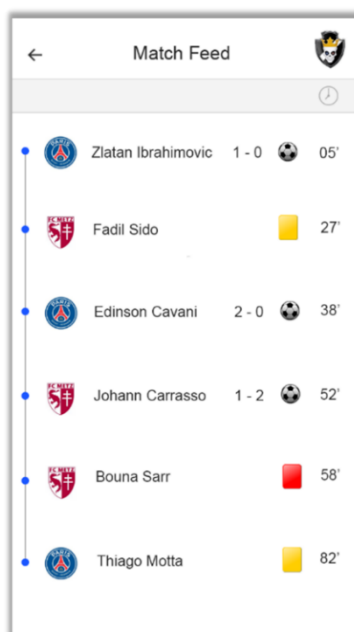
за запис в базата данни се изпраща JSON заявка от мобилното устройство към сървъра чрез криптирано URL. Сървърът обработва инструкцията, прави запис и връща Response към устройството. За целта самите touch events от бутоните в модула на приложението правят AJAX заявка.

Реализирани модули на приложението Sportlikers Live

Внедрените основни функции за едно приложение на различни устройства включват: Проектиране и потребителски средства за iPhone и iPad, Настройка на проекта за администратори, Екран за избор на отбор и упътване, Екран на мача по подразбиране, Екран за действия по време на мача, Екип за играчите на терена, Потребителски екран за събитията, Футболна игра, Емисия на информационния поток на мача и др. На Фиг. 3.17 е показан изглед от модул Футболна игра, а на Фиг. 3.18 – от модула Емисия на информационен поток.



Фиг. 3.17. Футболна игра.



Фиг. 3.18. Екран за емисия от информационен поток от футболен мач.

Преимущества на това мобилно приложение

С разработеното мобилно приложение са предоставят следните възможности, които могат да се използват от модераторите и феновете на отбора:

- Разпространение в реално време на базата данни на мача със събития и действия;
- Предоставяне на „жива“ информация на поддръжниците на клуба по време на мач.

В разработката на представеното мобилно приложение са приложени нови средства и технологии, които не се срещат в стандартните мобилни приложения за спорт и са получени нови резултати, в това число:

- Приложен е новият програмен език на Apple, наречен SWIFT;
- Чрез преместване на JSON трансформационния код в модела и представяне на отдалечени ресурси с типове модели, ние премествахме функционалността далеч от мрежовия код. Това улеснява тестването и разширяването на нашия код, докато добавяме повече API обаждания към нашите приложения;
- Постигната е голяма бързина на услугите, дължаща е на езика SWIFT, както и на JSON получаването на данни.

3.4. Изводи към Глава 3

Настоящата глава представя резултатите от разработката на приложна система за мобилен краудсорсинг от пространствен тип и две мобилни приложения на автора.

В параграф 3.1. е дадено общо описание и функционалности на системата за мобилен краудсорсинг Footlikers от пространствен тип с две КС-тълпи. Предназначението на системата е заснемане на аматорски видеофилми от футболни мачове и споделянето им с феновете на отборите в реално време.

Параграф 3.2 представя два типа архитектура на системата, работеща в облачна среда. За подобряване на скоростта и качеството на процеса на видеострийминга на масирания поток от видеоданни системата включва облачни услуги на Amazon EC2 с машината WOWZA. С най-нови технологии и разширени възможности на архитектурата чрез допълнителен синк-сървър се увеличава многократно ефективността на създадената КС система.

Параграф 3.3 съдържа описание на компонентите на системата. Основно тук са описани две имплементации на мобилното приложение за приемане/предаване на събития от футболните мачове на живо. С мобилното приложение системата Footlikers осигурява видеострийминг на мачовете. С мобилното приложение Sportlikers се осъществява вариант за текстов поток.

Постигнатите резултати демонстрират развита краудсорсинг система от най-съвременно ниво с високи технологични качества. Решени са редица проблеми: 1) достигане на достатъчно високо качество на предавания и приемания сигнал чрез кодирането на видеоданни, адаптирано в 3 нива на кодека, за обслужване на мобилни устройства на участниците с различни технически параметри; 2) постигане на висока скорост на видео трафика чрез интегриране на най-нови софтуерни средства – Lumen рамка, ADOBE Air и др., и облачни услуги за скалиране на видеострийминг и обслужване едновременно в реално време на хиляди участници; 3) разширяване на архитектурата с допълнителния синк-сървър за разделно от сървъра синхронизиране на времето на видеото с относителното време на мача; 4) разработена имплементация на системата за краудсорсинг чрез текстов поток информация за мача в реално време.

Системата е използвана и е способна да обслужва едновременно множество футболни мачове, с произволен брой заснемащи участници-аматьори на произволен мач и предаване на живо на всички видеофилми, наблюдавани по избор от голям брой фенове на мобилните им телефони на живо.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Резюме на получените резултати

Дисертационният труд е посветен на една динамично развиваща се, актуална и широка област от информатиката и компютърните науки – мобилни приложни системи и услуги. Те са пряко свързани с парадигмите на облачните изчисления, големите данни, интернет на нещата и мобилният краудсорсинг.

Основни резултати на дисертационния труд са: 1) Направени са класификации на мобилните приложни системи и системите за мобилен краудсорсинг според сферата на приложение, подкрепени с голям брой примерни мобилни приложни системи от литературата. 2) Развити са концептуални модели на архитектури на системи за мобилен пространствен краудсорсинг с различен брой КС-тълпи, задачи и работни потоци. По-специално е предложена концепция за архитектура на система за мобилен краудсорсинг на видеострийминг с разширени възможности. 3) Основен резултат е разработената от автора система за мобилен краудсорсинг Footlikers с две КС-тълпи. Предназначението на системата е заснемане на аматорски видеофилми от футболни мачове и споделянето им с феновете на отборите с мобилни устройства на участниците. Системата осигурява: (а) кодиране на предавания и приемания видеопоток, адаптирано в 3 нива според техническите параметри на мобилните устройства и достигане на достатъчно високо качество на картината; (б) постигане на висока скорост и качество на видеотрафика в реално време чрез интегриране с облачните услуги на Amazon EC2 с машината WOWZA, най-нови софтуерни средства – Lumen микрорамка, ADOBE Air и др.; (в) разширяване на архитектурата с допълнителен синк-сървър за синхронизиране на времето на видеото с относителното време на мача; (г) имплементация на системата за краудсорсинг с две мобилни приложения – за видеопоток и за текстов емисионен поток в реално време; (д) системата е използвана в аматорските футболни лиги на Франция, Белгия и Люксембург.

Претенции за научно-приложни приноси

- 1) Направени са класификации на мобилните приложни системи и системите за мобилен краудсорсинг според сферата им на приложение на база на литературните източници.
- 2) Развити са модели и концепция за разширена архитектура на система за мобилен пространствен краудсорсинг за видеострийминг в реално време.
- 3) Развити са голям брой моделни архитектури на системи за мобилен краудсорсинг според задачите и КС-тълпите.
- 4) Реализирана е приложна система за пространствен мобилен краудсорсинг за предаване и приемане на футболни мачове в реално време за голям брой участници с мобилни устройства.
- 5) Реализирани са две мобилни приложения в рамките на системата: за видеострийминг и текстов емисионен поток.

Практическа приложимост на резултатите от дисертационния труд

Реализираната мобилна краудсорсинг система Footlikers е приложена за едновременно и/или разделно излъчване на множество футболни мачове, с произволен брой заснемащи участници-аматьори на произволен мач и предаване на живо на всички видеофилми, наблюдавани по избор от голям брой фенове на мобилните им телефони на живо.

Предложените модели на архитектури за системи за краудсорсинг изясняват ролите на отделните компоненти в системите и могат да са полезни при разработка на нови краудсорсинг системи.

Връзка между поставените цели, задачи, приносите и публикациите на дисертационния труд

Съответствието на основните резултати на дисертационния труд с поставените основна цел (подцели), задачи, претенции за приносите и публикациите са представени в следната таблица.

Таблица. Връзка на основните резултати с целите и публикациите.

Принос	Цел	Задача	Параграф	Публикации
1)	1	1.1, 1.2, 1.3	2.1, 2.2, 2.3	-
2)	2	2.1	2.4	[П2, П3]
3)	2	2.2., 2.3	2.5, 2.6	[П4]
4)	3	3.1, 3.2, 3.3	3.1, 3.2, 3.3.1	[П2, П3]
5)	3	3.4, 3.5	3.3.2, 3.3.3, 3.3.4	[П2, П3, П1]

Перспективи за бъдеща работа

По-нататъшни изследвания и публикации в областта на тематиката на настоящия дисертационен труд могат да бъдат насочени в следните направления:

- Публикуване на резултатите от направените класификации (параграф 2.1-2.3).
- По-нататъшно развитие на системата за мобилен краудсорсинг на видеострийминг чрез включване на допълнителни функционалности като публикуване на коментари, споделяне на моменти от събитието, предаване на снимки и др., както и реализиране на други алтернативи за синхронизиране на времето и инфраструктурата. Също така - включване и на други езици на потребителския интерфейс: английски, немски и др.; интеграция на потребителите със социални мрежи - Facebook, Twitter, Pinterest.
- Разширяване на системата Footlikers по архитектурния модел „много към много“ чрез включване и на други спортове освен футбол.
- Създаване на хибриден тип система за пространствен мобилен краудсорсинг за услуги на клиента по заявка.
- Прилагане на разработените концепции на моделни архитектури за подобен вид краудсорсинг системи и услуги.
- Разработка на система, обработваща събрани видеоклипове от КС система на футболни мачове или други спортни събития с цел автоматично извличане на статистика (брой голове и минута на гола, брой подавания, скорост на топката и пр.) чрез внедряване на интелигентни технологии като deep learning и др.

Апробация

▪ Проекти

Резултатите от дисертационния труд са част от изследванията на следните проекти:

1. 2013-2014, Научен проект НИ13-ФМИ-002 към Фонд „Научни изследвания“, НПД на ПУ „Паисий Хилендарски“, тема: ”Интеграция на ИТ в научните изследвания по математика, информатика и педагогика на обучението” (за втората година на проекта), участник
2. 2015-2016, Научен проект НИ15-ФМИ-004 към Фонд „Научни изследвания“, НПД на ПУ, тема: „Иновативни фундаментални и приложни научни изследвания по математика, информатика и педагогика на обучението”, участник
3. 2015-2016, Студентски проект СП15-ФМИИТ-007 към Фонд „Научни изследвания“, НПД на ПУ, тема: „Надграждане на знания и формиране на компетенции у студентите за работа със специализиран математически софтуер за решаване на

- приложни математически задачи”, участник
4. 2015-2016, Научен проект ИТ15-ФМИ-004 към Фонд „Научни изследвания“, НПД на ПУ, тема: „Изследвания в областта на иновационни ИКТ с ориентация към бизнеса и обучението“, участник
 5. 2017-2018, Научен проект за млади учени и докторанти МУ-ФМИ-003 към Фонд „Научни изследвания“, НПД на ПУ „Паисий Хилендарски“, тема: „Дейта майнинг моделиране и приложни софтуерни системи“, участник
 6. 2017-2018, Научен проект ФП17-ФМИ-008 към Фонд „Научни изследвания“, НПД на ПУ, тема: „Иновационни софтуерни инструменти и технологии с приложения в научни изследвания по математика, информатика и педагогика на обучението“, участник.

■ Доклади

Основните резултати, получени в дисертационния труд, са представени на следните национални и международни научни форуми:

- [Д1] G. Iliev, Social Mobile Application Sportlikers Live”, Doctoral Conference in Mathematics and Informatics, Национална конференция, ИМИ на БАН, София, 15-18 октомври, 2015 г.
- [Д2] G. Iliev, Match Feed Application for Football, Ежегодна научна конференция "Дни на науката 2017" на СУБ-Пловдив, 2-3 11.2017 г.
- [Д3] G. Iliev, „Mobile Crowdsourcing for Video Streaming, 7-ма научна международна конференция „ТЕХСИС 2018” – Техника, технологии и системи“, 17-19 май, 2018 г., ТУ, Пловдив.
- [Д4] G. Iliev, „Mobile Crowdsourcing System for Football Match Live Video Streaming”, CBU International Conference Innovations in Science and Education, Prague, 21-23 March, 2018, Czech Republic.

Публикации по дисертационния труд

- [П1] G. Iliev, Match Feed Application for Football, Scientific researches of the Union of Scientists in Bulgaria - Plovdiv, series B. Natural Sciences and the Humanities, Vol. XVIII-2, pp. 139-144, 2018. ISSN 1311-9192 (Print), ISSN 2534-9376 (On-line).
- [П2] G. Iliev, Mobile Crowdsourcing for Video Streaming, Journal of the Technical University – Sofia, Plovdiv branch, Bulgaria, “Fundamental Sciences and Applications”, Vol. 24, pp. 151-157, 2018. ISSN 1310 – 8271 (G. Iliev, Mobile Crowdsourcing for Video Streaming, Proceedings of the Seventh International Scientific Conference on Engineering, Technologies and Systems TECHSYS 2018, Technical University – Sofia, Plovdiv branch, 17 – 19 May 2018, Plovdiv, Bulgaria, pp. II 182-II 187, 2018. ISSN Online: 2535-0048. http://techsys.tu-plovdiv.bg/TECHSYS_2018_Proceedings.pdf)
- [П3] G. Iliev, A Mobile Crowdsourcing System for Football Match Live Video Streaming, Proceedings of the CBU International Conference Innovations in Science and Education, Prague, pp. 1-7, 21-23 March, 2018. Print ISSN 1805-997X, Online ISSN 1805-9961. <http://dx.doi.org/10.12955/cbup.v6.1298>
<https://ojs.journals.cz/index.php/CBUIC/article/view/1298/1840>
- [П4] G. Iliev, Architectural Design of Crowdsourcing Systems with Various Crowds, IJISSET - International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology, Vol. 5, No. 9, September 2018, pp. 104-111. ISSN (Online) 2348 – 7968, www.ijiset.com, http://ijiset.com/vol5/v5s9/IJISSET_V5_I09_11.pdf

Благодарности

Изказвам сърдечна благодарност и признателност към научните си ръководители проф. д-р Ангел Голев и проф. д-р Николай Кюркчиев за тяхното полезни професионални съвети, препоръки и добронамерено отношение по време на докторантурата и подготовката на дисертационния ми труд.

Благодаря на ръководството на Факултета по математика и информатика, за подкрепата и съдействието им. Благодарност изказвам също и на членовете на катедра „Компютърни технологии“ и всички колеги, които по един или друг начин са били съпричастни към работата ми и обучението ми като докторант.

ДЕКЛАРАЦИЯ

за оригиналност

по чл. 27, ал. (2) от ППЗРАСРБ

от

Георги Илийчев Илиев,

задочен докторант към катедра „Компютърни технологии”

на Факултета по математика и информатика

при Пловдивския университет „Паисий Хилендарски“

Във връзка с провеждането на процедура за придобиване на образователната и научна степен „доктор” в Пловдивския университет „Паисий Хилендарски” и защита на представения от мен дисертационен труд,

Декларирам, че:

Резултатите и приносите на проведеното дисертационно изследване, представени в дисертационния ми труд на тема **„Мобилни приложни системи и услуги“** са оригинални.

ДЕКЛАРАТОР :

/Георги Илиев/

08.02.2019 г.

гр. Пловдив

Библиография

- Adam D., Kioutsidouki D., Karakostas A., Do your students get it? Quiz it! The android classroom response system, 2014 IEEE 14th Int. Conf. Advanced Learning Technologies (ICALT), IEEE Computer Society, pp. 168-170, 2014.
- Adobe AIR technology, <http://www.adobe.com/products/air.html>, 2019.
- Adobe's Real Time Messaging Protocol, Parmar H., Thornburgh M. (eds.), Adobe, 2012.
- http://www.images.adobe.com/content/dam/Adobe/en/devnet/rtmp/pdf/rtmp_specification_1.0.pdf
- Akyildiz I.F., Nie S., Lin S.-C., Chandrasekaran M., 5G roadmap: 10 key enabling technologies, Computer Networks, 106, 17-48, 2016.
- Al-Fuqaha A., Guizani M., Mohammadi M., Aledhari M., Ayyash M., Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols, and Applications, IEEE Communication Surveys and Tutorials, 17(4), 2347-2376, 2015.
- Amazon AWS, Amazon Elastic Compute Cloud, User Guide for Windows Instances, <https://docs.aws.amazon.com/AWSEC2/latest/WindowsGuide/ec2-wg.pdf>, 2019.
- Amazon S3 REST API, 2019, <http://docs.aws.amazon.com/AmazonS3/latest/API/Welcome.html>
- An J., Gui X., Wang Z., Yang J., He X., Crowdsourcing assignment model based on mobile crowd sensing in the Internet of Things, IEEE Internet Things J., 2(5) 358-369, 2015.
- Android OS, 2019, <http://www.android.com>
- Aris H., Current state of crowdsourcing taxonomy research: A systematic review. In: Zulikha, J., Zakaria N.H. (Eds.), Proc. 6th Int. Conf. Computing & Informatics, pp. 392-399, 2017.
- Ault A., Krogmeier J.V., Dunlop S.R., Coyle E.J., eStadium: The mobile wireless football experience, Proc. 3rd Int. Conf. Internet and Web Appl. and Services, ICIW 2008, 4545686, pp. 644-649, 2011.
- Baccari S., Mendes F., Nicolle C., Soualah-Alila F., Neji M., Comparative study of the mobile learning architectures, Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social-Informatics and Telecommunications, 180, 191-200, 2017.
- Ballesteros J., Carbutar B., Rahman M. et al., Towards safe cities: a mobile and social networking approach. IEEE Trans. Parall. Distr. Syst., 25(9), 2451-2462, 2014.
- Barry D.K., Web Services, Service-Oriented Architectures, and Cloud Computing, 2nd ed., The Savvy Manager's Guide, Morgan Kaufmann, Elsevier, Amsterdam, 2013.
- Bentley F.R., Groble M., TuVista: Meeting the multimedia needs of mobile sports fans, MM'09, Proc. 2009 ACM Multimedia Conf. Colocated Workshops and Symposiums, pp. 471-480, 2009.
- Bojjagani S., Sastry V.N., STAMBA: Security testing for android mobile banking apps. In: Thampi S., Bandyopadhyay S., Krishnan S., Li K.C., Mosin S., Ma M. (eds.) Advances in Signal Processing and Intelligent Recognition Systems, Adv. Intell. Syst. and Computing, 425, pp. 671-683, 2016.
- Boulos M.N.K., Wheeler S., Tavares C., Jones R., How smartphones are changing the face of mobile and participatory healthcare: an overview, with example from eCAALYX, BioMedical Engineering OnLine, 10:24, 2011. <https://doi.org/10.1186/1475-925X-10-24>
- Brabham D.C., Crowdsourcing as a model for problem solving an introduction and cases", Convergence: The Int. J. Research into New Media Technologies, 14(1), 75-90, 2008.
- Brabham D.C., Crowdsourcing, The MIT Press, Cambridge, 2013.
- Brown T. E., Sensor-Based Entrepreneurship: A Framework for Developing New Products and Services, Business Horizons, 60(6), 819-830, 2017.
- Buttigieg S., Jevdjenic M., Learning Node.js for Mobile Application Development: Make Use of Node.js to Learn the Development of a Simple yet Scalable Cross-Platform Mobile Application, Packt Publishing, 2015.
- Buttussi F. Chittaro, L., MOPET: A context-aware wearable system for fitness training, Artificial Intelligence in Medicine, 42(2), 153-163, 2008.
- Cavus N., Al-Momani M. M., Mobile system for flexible education, Procedia Computer Science, 3, 1475-1479, 2011.
- Charalampaki E., Malamos A.G, Tracking football players with a conventional mobile device camera, ACM Int. Conf. Proc. Series, Part F132523, 3139411, 2017.

- Chatzimilioudis G., Konstantinidis A., Laoudias C., Zeinalipour-Yazti D., Crowdsourcing with smartphones, *IEEE Internet Computing*, 16(5), 36-44, 2012.
- Chee K.N., Ibrahim N.H., Yahaya N., Surif J., Rosli M.S., Zakaria M.A.Z.M., A review of literature in mobile learning: A new paradigm in teaching and learning pedagogy for now and then, *Advanced Science Letters*, 23(8), 7416-7419, 2017.
- Chen C.M., Hsu S.H., Personalized intelligent mobile learning system for supporting effective English learning, *Educational Technology & Society*, 11(3), 153-180, 2008.
- Chen L., Shahabi C., Spatial crowdsourcing: Challenges and opportunities, *IEEE Data Eng. Bull.*, 39(4), 14-25, 2016.
- Chen M., Mao S., Zhang Y., Leung V.C.M., Big Data. Related Technologies, Challenges, and Future Prospects, *SpringerBriefs in Computer Science*, Cham, 2014.
- Chen Y. S., Kao T. C., Sheu J. P., A mobile learning system for scaffolding birdwatching learning, *Journal of Computer Assisted Learning*, 19(3), 347-359, 2003.
- Chen Z., Fu R., Zhao Z., Liu Z., Xia L., Chen L., Cheng P., Cao C.C., Tong Y., Zhang C.J., gMission: A General Spatial Crowdsourcing Platform, in *Proc. VLDB Endowment*, 7(13), 1629-1632, 2014.
- Chiang M., Zhang T., Fog and IoT: An overview of research opportunities, *IEEE Internet of Things Journal*, 3(6), 7498-7504, 2016.
- Choi C.E., Cui Y., Zhou G.G.D., Utilizing crowdsourcing to enhance the mitigation and management of landslides, *Landslides*, 15(9), 1889-1899, 2018.
- Christensen J.H., Using RESTful web-services and cloud computing to create next generation mobile applications. *Proc. of OOPSLA '09, 24th ACM SIGPLAN conf. companion on Object oriented programming systems languages and applications*, ACM, Orlando, USA, 2009.
- Cisco Systems, Inc., Cisco Visual Networking Index: Forecast and Trends, 2017-2022, White Paper, 26 Nov 2018. <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/white-paper-c11-741490.pdf>
- Cisco Systems, Inc., Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update 2014-2019 White Paper, 2017a, <http://goo.gl/hgcVvc>
- Cisco Systems, The Zettabyte Era: Trends and Analysis, White Paper, pp. 627-634, June 2017b.
- Crompton H., Burke D., The use of mobile learning in higher education: A systematic review, *Computers and Education*, 123, 53-64, 2018.
- Dahlberg T., Mallat N., Ondrus J., Zmijewska A., Past, present and future of mobile payments research: A literature review, *Electronic Commerce Research and Applications*, 7 (2), 165-181, 2008.
- Debashis D., *Mobile Cloud Computing: Architectures, Algorithms and Applications*, Chapman and Hall/CRC, 2015.
- Deloitte, Technology, Media and Telecommunications Predictions 2018a, <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/tr/Documents/technology-media-telecommunications/gx-deloitte-tmt-2018-predictions-report.pdf>
- Deloitte, The three billion - Enterprise crowdsourcing and the growing fragmentation of work, 2018b, [https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/de/Documents/Innovation/us-cons-enterprise-crowdsourcing-and-growing-fragmentation-of-work%20\(3\).pdf](https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/de/Documents/Innovation/us-cons-enterprise-crowdsourcing-and-growing-fragmentation-of-work%20(3).pdf)
- Deng D., Shahabi C., Zhu L., Task matching and scheduling for multiple workers in spatial crowdsourcing, in *Proc. of the 23rd SIGSPATIAL Int. Conf. on Advances in Geographic Information Systems*, Article no. 21, pp. 1-10, 2015.
- Dinh H.T., Lee C., Niyato D., Wang P., A survey of mobile cloud computing: architecture, applications, and approaches. *Wirel. Commun. Mob. Comput.* 13, 1587-1611, 2013.
- Doan A., Ramakrishnan R., Halevy A.Y., Crowdsourcing systems on the World-Wide Web. *Communications of the ACM* 54(4), 86-96, 2011.
- Eagle N., txteagle: Mobile Crowdsourcing, *International Conference on Internationalization, Design and Global Development, IDGD 2009*, pp. 447-456, 2009.
- Enomoto I., Suga, M., Minami, T., Development of real-time analysis system of match playing time for water polo player, *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 663, 82-85, 2018.
- Estellés-Arolas E., González-Ladrón-de-Guevara F., Towards an integrated crowdsourcing definition, *Journal of Information Science*, 38(2), 189-200, 2012.

- Feng Z., Zhu Y., Zhang Q., Ni L.M., Vasilakos A.V., TRAC: Truthful auction for location-aware collaborative sensing in mobile crowdsourcing, IEEE Conf. Computer Communications, INFOCOMM, 2014, pp. 1231-1239, 2014.
- Fernando N., Loke S.W., Rahayu W., Mobile cloud computing: A survey, Future generation computer systems, 29(1), 84-106, 2013a.
- Fernando N., Loke W., Rahayu W., Honeybee: A programming framework for mobile crowd computing, Mobile and Ubiqu. Syst.: Comp., Net., Services, pp. 224-236, 2013b.
- Fielding R., Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures, PhD dissertation, 2000, Ch. 5.
- Finazzi F., The earthquake network project: Toward a crowdsourced smartphone-based earthquake early warning system, Bul. Seismol. Society of America, 106(3), 1088-1099, 2016.
- Franklin M. J., Kossmann D., Kraska T., Ramesh S., Xin R., Crowddb: answering queries with crowdsourcing, SIGMOD '11, pp. 61-72, 2011.
- Fuchs-Kittowski F., Faust D., Architecture of mobile crowdsourcing systems. In: Baloian N., Burstein F., Ogata H., Santoro F., Zurita G. (eds.) Collaboration and Technology, CRIWG 2014, Lecture Notes in Computer Science, 8658, pp. 121-136, 2014.
- Gallego J., Bertolino P., Foreground object segmentation for moving camera sequences based on foreground-background probabilistic models and prior probability maps, 2014 IEEE International Conference on Image Processing, ICIP 2014, art. no. 7025670, pp. 3312-3316, 2014.
- Ganchev I., Stojanov S., O'Droma M., Meere D., An InfoStation-based multi-agent system supporting intelligent mobile services across a university campus, J. of Computers, 2(3), 21-33, 2007.
- Gandomi A., Haider M., Beyond the hype: Big data concepts, methods, and analytics, International Journal of Information Management, 35(2), 137-144, 2015.
- Gaziel-Yablowitz M., Schwartz D.G., A review and assessment framework for mobile-based emergency intervention apps, ACM Computing Surveys (CSUR) 51 (1), Article 15, 2018.
- Geiger D., Personalized Task Recommendation in Crowdsourcing Systems, Springer, 2016.
- Georgsson M., Staggers N., Quantifying usability: an evaluation of a diabetes mHealth system on effectiveness, efficiency, and satisfaction metrics with associated user characteristics, J. American Medical Informatics Association, 23(1), 5-11, 2016.
- Ghezzi A., Gabelloni D., Martini A., Natalicchio A., Crowdsourcing: a review and suggestions for future research, Int. J. Management Reviews, 20(2), 343-363, 2018.
- Goncalves J., Hosio S., Kostakos V., Vukovic M., Konomi S. I., Workshop on mobile and situated crowdsourcing, in Proc. 2015 ACM Int. Joint Conf. Pervasive and Ubiquitous Computing and Proc. 2015 ACM Int. Symposium on Wearable Computers, pp. 1339-1342, 2015.
- Gozzi F., Della Ventura G., Marcelli A., Mobile monitoring of particulate matter: State of art and perspectives, Atmospheric Pollution Research, 7(2), 228-234, 2016.
- Green M.S., Mathew J.J., Venkatesh A.G., Green P., Tariq R., Utilization of smartphone applications by anesthesia providers, Anesthesiology Research and Practice, Art. ID 8694357, 10 pages, 2018.
- Groupe Spécial Mobile, <https://www.gsmaintelligence.com/>, 2019.
- H.264/MPEG-4 AVC standard, 2018. https://en.wikipedia.org/wiki/H.264/MPEG-4_AVC
- Hans V., Sethi P.S., Kinra J., An approach to IoT based car parking and reservation system on cloud, Proc. Int. Conf. Green Computing and Internet of Things, ICGCIoT 2015, 7380487, pp. 352-354, 2016.
- Hashem I.A.T., Yaqoob I., Anuar N.B., Mokhtar S., Gani A., The rise of "big data" on cloud computing: Review and open research issues, Information Systems, 47, 98-115, 2015.
- Hetmank L., Components and Functions of Crowdsourcing Systems – A Systematic Literature Review, 11th Int. Conf. on Wirtschaftsinformatik, Leipzig, pp. 55-69, 2013.
- Hirsch F., Kemp J., Ilkaka J., Mobile Web Services: Architecture and Implementation, John Wiley and Sons, New York, 2006.
- Hosio S., Goncalves J., Kostakos V., Riekkki J., Crowdsourcing public opinion using urban pervasive technologies: Lessons from real-life experiments in Oulu, Policy & Internet, 7(2), 203-222, 2015.
- Hossain M., Kauranen I., Crowdsourcing: a comprehensive literature review, Strategic Outsourcing: An International Journal, 8(1), 2-22, 2015.
- Howe J., The rise of crowdsourcing, Wired Magazine, 14 (6), 1-4, 2006.

- Jabbarpour M.R., Marefat A., Jalooli A., Cloud-based vehicular networks: a taxonomy, survey, and conceptual hybrid architecture, *Wireless Networks*, 25(1), 335-354, 2019.
- Jaimes L. G., Vergara-Laurens I.J., Rajj A., A survey of incentive techniques for mobile crowd sensing, *IEEE Internet Things J.*, 2(5), 370-380, 2015.
- Ji Z., Ganchev I, O'Droma M, Zhang X, Zhang X, A cloud-based X73 ubiquitous mobile healthcare system: design and implementation, *The Scientific World Journal*, Article ID 145803, 2014.
- Ji Z., Zhang X., Ganchev I., O'Droma M., Development of a senga-touch mtest mobile app for a mlearning system, *IEEE 13th International Conference on Advanced Learning Technologies, ICALT 2013*, 6601907, pp. 210-211, 2013.
- Johnson V.L., Kiser A., Washington R., Torres,R., Limitations to the rapid adoption of m-payment services: Understanding the impact of privacy risk on m-payment services, *Computers in Human Behavior*, 79, 111-122, 2018.
- Jonathan C., Mokbel M.F., Towards a unified spatial crowdsourcing platform, in: *Symposium on Spatial and Temporal Databases*, pp. 379-383, 2017.
- Kamilaris A., Pitsillides A., Mobile phone computing and the Internet of Things: A survey, *IEEE Internet Things J.*, 3(6), 885-898, 2016.
- Kanchi S., Sabela M.I., Mdluli P.S., Inamuddin, Bisetty K., Smartphone based bioanalytical and diagnosis applications: A review, *Biosensors and Bioelectronics*, 102, 136-149, 2018.
- Kao C.-K., Liebovitz D.M., Consumer mobile health apps: Current state, barriers, and future directions, *PM and R*, 9(5), S106-S115, 2017.
- Kazemi L., Shahabi C., Geocrowd: Enabling Query Answering with Spatial Crowdsourcing, in *Proc. 20th Int. Conf. Advances in Geographic Information Systems SIGSPATIAL '12*, ACM, pp. 189-198, 2012.
- Khan W.Z., Yang Xiang Y., Aalsalem M.Y., Arshad Q., Mobile Phone Sensing Systems: A Survey, *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, 15(1), pp. 402 - 427, 2013.
- Korthaus A., Dai W., Opportunities and challenges for mobile crowdsourcing – conceptualisation of a platform architecture, *Int. J. High Performance Computing and Networking*, 8(1), 6-27, 2015.
- Koukoumidis E., Martonosi M., Peh L.-S., Leveraging smartphone cameras for collaborative road advisories, *IEEE Trans. Mobile Comput.*, 11(5), 707-723, 2012.
- Koval A., Irigoyen E., Mobile wireless system for outdoor air quality monitoring, *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 527, 345-354, 2017.
- Kranz M., Mölle, A. Hammerl, N., Diewald D., Plötz T., Olivie, P., Roalte, L., The mobile fitness coach: Towards individualized skill assessment using personalized mobile devices, *Pervasive and Mobile Computing*, 9(2), 203-215, 2013.
- Kumar A., Xie B. (eds), *Handbook of Mobile Systems Applications and Services*, CRC Press, Boca Raton, 2012.
- Kuppuswamy V., Bayus B. L., Crowdfunding creative ideas: The dynamics of project backers, in Cumming D., Hornuf L. (eds.) *The Economics of Crowdfunding*, Cham: Palgrave Macmillan, pp. 151-182, 2018.
- Lasecki W.S., Bigam J.P., Interactive crowds: real-time crowdsourcing and crowd agents, In: Michelucci P. (eds) *Handbook of Human Computation*, Springer, NY, pp. 509-521, 2013.
- Lee B., Crowdsourcing systems and potential applications in nonproliferation, *CNS OCCASIONAL* #30, 2017, <https://pdfs.semanticscholar.org/1195/7e97736f1a38694b0eee0d1d2923e7f81cf0.pdf>
- Lee C.S., Masek M., Lam C.P., Tan K.T., Advances in fetal heart rate monitoring using smart phones, in: *Proc. 9th Int. Conf. on Communications and information technologies, ISCIT'09*, IEEE Press, Piscataway, NJ, USA, pp. 735-740, 2009.
- Lee M., Kim H., Yoe H., ICBM-based smart farm environment management system, *Studies in Computational Intelligence*, 790, 42-56, 2019.
- Lemos A.L., Daniel F., Benatallah B., Web service composition, *ACM Computing Surveys*, 48(3), 1-41, 2015.
- Lewis T.L., Wyatt J.C., MHealth and mobile medical apps: A framework to assess risk and promote safer use, *Journal of Medical Internet Research*, 16(9), e210, 2014.

- Li B., Wang Z., Liu J., Zhu W., Two decades of Internet video streaming: A retrospective view, *ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications and Applications*, Special Issue 20th Anniv. ACM SIGMM Multimedia, 9(1), 1-20, 2013.
- Li H., Hua X-S., Melog: mobile experience sharing through automatic multimedia blogging, In: *Proc. 2010 ACM multimedia workshop on Mobile cloud media computing (MCMC)*, pp. 19-24, 2010.
- Li W., Huhns M.N., Tsai W.T., Wu W., *Crowdsourcing: Cloud-Based Software Development*, Springer, 2016.
- Li W., Wu W., Wang H., Wei Li, Cheng X., Chen H., Zhou Z., Ding R., Crowd intelligence in AI 2.0 era, *Frontiers Inf. Technol. Electronic Eng.*, 18(1), 15-43, 2017.
- Lindeberg M., Kristiansen S., Plagemann T., Goebel V., *Challenges and Techniques for Video Streaming over Mobile ad hoc Networks*, *Multimedia Systems*, Springer, 2011.
- Liu, Y. Guo, B., Chen, C., Du, H., Yu, Z., Zhang, D. Ma, H., FooDNet: Toward an Optimized Food Delivery Network based on Spatial Crowdsourcing, *IEEE Transactions on Mobile Computing*, 2018.
- Luz N., Silva N., Novais P., A survey of task-oriented crowdsourcing, *Artif. Intell. Rev.*, 44(2), 187-213, 2014,
- Maamar Z., Yahyaoui H., Mansoor W., Design and development of an m-commerce environment: The E-CWE project, *Journal of Organizational Computing and Electronic Commerce*, 14(4), 285-303, 2004.
- McLean G., Al-Nabhan, K., Wilson A., Developing a mobile applications customer experience model (MACE), Implications for Retailers, *Journal of Business Research*, 85, 325-336, 2018.
- Meikang Q., Wenyum D., Gai K., *Mobile Applications Development with Android: Technologies and Algorithms*, Chapman and Hall/CRC, Boca Raton, 2017.
- Mell P., Grance T., The NIST definition of cloud computing, NIST, Special Publication 800-145, 2011. <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/legacy/sp/nistspecialpublication800-145.pdf>
- Mencarini E., Leonardi C., Giovanelli D., De Angeli A., Zancanaro M., Cappelletti A., Co-designing wearable devices for sports: The case study of sport climbing, *International Journal of Human Computer Studies*, 124, 26-43, 2019.
- Michelsen T., Brand M., Cordes C., Appelrath H.-J., Demo: Herakles - Real-time sport analysis using a distributed data stream management system, *DEBS 2015.*, *Proc. 9th ACM Int. Conf. Distributed Event-Based Systems*, pp. 356-359, 2015.
- Mickulicz N.D., Narasimhan P., Gandhi R., YinzCam: Experiences with in-venue mobile video and replays. In: *Proc. LISA '13: 27th Large Installation System Administration Conf.*, Washington, D.C., pp. 133-143, 2013.
- Minutolo A., Sannino G., Esposito M., De Pietro G., A-rule-based-mHealth-system-for-cardiac-monitoring, *Biomedical Eng. Sci. (IECBES)*, 2010 IEEE EMBS Conf., pp.144-149, 2010.
- Mitsopoulou E., Kalogeraki V., ParkForU: A dynamic parking-matching and price-regulator crowdsourcing algorithm for mobile applications, 2018 IEEE Int. Conf. Pervasive Computing and Communications Workshops, *PerCom Workshops 2018*, 8480321, pp. 603-608, 2018.
- Monahan T., Mokos, J.T., Crowdsourcing urban surveillance: The development of homeland security markets for environmental sensor networks, *Geoforum*, 49, 279-288, 2013.
- MongoDB, <http://www.mongodb.com/>, 2019.
- MTurk (Amazon Mechanical Turk), <https://www.mturk.com>, 2019.
- Muller C.L., Chapman L., Johnston S., Kidd C., Illingworth S., Foody G., Overeemg A., Leighi R.R., Crowdsourcing for climate and atmospheric sciences: current status and future potential, *Review, Int. J. Climatol.*, 35, 3185-3203, 2015.
- Namiot D., On big data stream processing, *Int. J. Open Information Technologies*, 3 (8), 48-51, 2015.
- Natchetoi Y., Kaufman V., Shapiro A., Service-oriented architecture for mobile applications, *Proc. 1st Int. Workshop on Software Architectures and Mobility (SAM'08)*, 2008, Leipzig, Germany. doi:10.1145/1370888.1370896
- National Intelligence Council, IoT - Disruptive civil technologies, USA, 2008, <https://www.webcitation.org/6DuYX11Xg?url=http://www.fas.org/irp/nic/disruptive.pdf>

- Neubeck L., Lowres N., Benjamin E.J., Freedman B., Coorey G., Redfern J., The mobile revolution - using smartphone apps to prevent cardiovascular disease, *Nature Reviews Cardiology*, 12, 350-360, 2015.
- Ni J., Lin X., Zhang K., Yu Y., Secure and deduplicated spatial crowdsourcing: A fog-based approach. 2016 IEEE Global Communications Conf. (GLOBECOM), 2016.
doi:10.1109/glocom.2016.7842248
- Noguera J.M., Barranco M.J., Segura R.J., Martínez L, A mobile 3D-GIS hybrid recommender system for tourism, *Information Sciences*, 215, 37-52, 2012.
- Otemuyiwa P., Developing RESTful APIs with Lumen (A PHP Micro-framework), Tutorial, 2017.
<https://auth0.com/blog/developing-restful-apis-with-lumen/>
- Padilla J.Á.T., González C.S.G., Uses of accelerometer sensor and its application in m-learning environments: a review of literature, *Proceeding TEEM '16 Proc. Fourth Int. Conf. Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality*, pp. 555-559, 2016.
- Patel R.K., Sayers A.E., Patrick N.L., Hughes K., Armitage J., Hunter A.I., A UK perspective on smartphone use amongst doctors within the surgical profession, *Annals of Medicine and Surgery*, 4(2), 107-112, 2015.
- Paul S., Bhattacharya S., Sudar A., Patra D., Majumdar A., Mukhopadhyay J., Majumdar B., A web-based electronic health care system for the treatment of pediatric hiv, In: 11th Int. Conf. e-Health Networking, Applications and Services, *Healthcom 2009*, pp. 175-180, 2009.
- Peng X., Gu J., Tan T.H., Sun J., Yu Y., Nuseibeh B., Zhau W., CrowdService: optimizing mobile crowdsourcing and service composition, *ACM Transactions on Internet Technology (TOIT)*, 18(2), Article no. 19, ACM New York, NY, 2018.
- Pereira O.R.E., Rodrigues J.J.P.C., Survey and analysis of current mobile learning applications and technologies, *Journal ACM Computing Surveys (CSUR)*, 46(2), Article no. 27, 2013.
- Pereira R., Pereira E.G., Video streaming: Overview and challenges in the internet of things. In: *Pervasive Computing, Next Generation Platforms for Intelligent Data Collection*, 417-444, 2016.
- Phuttharak J., Loke S.W., A review of mobile crowdsourcing architectures and challenges: Toward crowd-empowered Internet-of-Things, *IEEE Access*, 7, 304-324, 2019.
- Poblet M., García-Cuesta E., Casanovas P., Crowdsourcing tools for disaster management: A review of platforms and methods, In: P. Casanovas et al. (Eds.) *AI Approaches to the Complexity of Legal Systems*, LNCS 8929, Springer Berlin Heidelberg, pp. 261-274, 2014.
- Pousttchi, K., Tilson, D., Lyytinen, K., Hufenbach, Y., Introduction to the special issue on mobile commerce: Mobile commerce research yesterday, today, tomorrow - What remains to be done?, *Int. Journal of Electronic Commerce*, 19(4), 1-20, 2015.
- Probst L., Brix F., Schuldt H., Rumo M., Real-Time football analysis with streamteam, *DEBS '17 Proc. 11th ACM Int. Conf. Distributed and Event-based Systems*, pp. 319-322, Barcelona, Spain, June 19 - 23, 2017, ACM New York, NY, USA, 2017.
- Prpić J., Kietzmann, J., Crowd Science 2018: The Promise of IT-Mediated Crowds, *Proc. 51st Hawaii Int. Conf. System Sciences (HICSS)*, HI, USA, pp. 4085-4093, 2018.
- Prpić J., Kietzmann, J., Crowd Science: research on IT-mediated crowds, *Proc. 50th Hawaii Int. Conf. System Sciences, HICSS*, HI, USA, pp. 4308-4313, 2017.
- Prpić J., Next generation crowdsourcing for collective intelligence, *arXiv:1702.03109*, 2017.
- Rateni G., Dario P., Cavallo F., Smartphone-based food diagnostic technologies: A review, *Sensors (Switzerland)*, 17(6), 1453-1466, 2017.
- Rauniyar A., Engelstad P., Feng B., van Thanh D., Crowdsourcing based disaster management using fog computing in Internet of Things paradigm, in: *Proc. IEEE 2nd Int. Conf. Collaboration Internet Comput. (CIC)*, Nov. 2016, pp. 490-494, 2016.
- Redmond P., *Lumen Programming Guide: Writing PHP Microservices, REST and Web Service APIs*, Apress, 2016.
- Ren J., Zhang Y., Zhang K., Shen X., Exploiting mobile crowdsourcing for pervasive cloud services: challenges and solutions, *Mobile Cloud Computing, IEEE Communications Magazine*, pp. 98-105, 2015.

- Rougès J. F., Montreuil B., Crowdsourcing delivery: New interconnected business models to reinvent delivery, in: First Int. Phys. Internet Conf. (IPIC), May 28-30, 2014, Québec, Canada, pp. 1-19, 2014.
- Shaikh A.A., Karjaluo H., Mobile banking adoption: A literature review, *Telematics and Informatics*, 32(1), 129-142, 2014.
- Shan C., Mamoulis N., Li G., Cheng R., Huang Z., Aheng Y., T-crowd: Effective crowdsourcing for tabular data, 2018 IEEE 34th Int. Conf. Data Eng. (ICDE). doi: 10.1109/ICDE.2018.00139.
- Sheehan K. B., Crowdsourcing research: Data collection with Amazon's Mechanical Turk, *Communication Monographs*, 85(1), Special Issue: Advances in Methods and Statistics, pp. 140-156, 2018.
- Siebert S., Teizer J., Mobile 3D mapping for surveying earthwork projects using an Unmanned Aerial Vehicle (UAV) system, *Automation in Construction*, 41, 1-14, 2014.
- Silva B.M.C., Rodrigues J.J.P.C., de la Torre Díez I., López-Coronado M., Saleem K., Mobile-health: A review of current state in 2015, *Journal of Biomedical Informatics*, 56, pp. 265-272, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2015.06.003>
- Simoens P., Xiao Y., Pillai P., Chen Z., Ha K., Satyanarayanan M., Scalable crowd-sourcing of video from mobile devices, *Proc. MobiSys '13, 11th Annual Int. Conf. Mobile systems, applications, and services*, pp. 139-152, 2013.
- Smørdal O., Gregory J., KNOWMOBILE: mobile opportunities for medical students, In: *Mobile Learning: A Handbook for Educators and Trainers*, pp. 99-105, 2005.
- Spelmezan D., An investigation into the use of tactile instructions in snowboarding, *MobileHCI'12 – Proc. 14th Int. Conf. Human Computer Interaction with Mobile Devices and Services*, pp. 417-426, 2012.
- Statcounter, 2019, <http://gs.statcounter.com/>
- Statista, 2019, <https://www.statista.com/topics/1002/mobile-app-usage/>
- Stavrev S., Terzieva T., Virtual environment simulator for educational safety crossing, *The 11th Annual Int. Conf. Computer Science and Education in Computer Science*, June 04-07, 2015, Boston, MA. USA, 2015.
- Steinhubl S.R., Muse E.D., Topol E.J., The emerging field of mobile health, *Science Translational Medicine*, 7(283), pp. 283rv3, 2015.
- Stoyanov S., Ganchev I., O'Droma M., Meere D., Valkanova, V., Semantic multi-agent mLearning system, *Studies in Computational Intelligence*, 344, 243-272, 2011.
- Su C.H., Cheng C.H., A mobile gamification learning system for improving the learning motivation and achievements, *Journal of Computer Assisted Learning*, 31, 268-286, 2015.
- Su H., Zheng K., Huang J., Jeung H., Chen L., Zhou X., CrowdPlanner: A crowd-based route recommendation system, *Proc. Int. Conf. Data Eng.*, art. no. 6816730, pp. 1144-1155, 2014.
- Surowiecki J., *The Wisdom of Crowds*, Random House, New York, 2005.
- Tang M., Wang S., Gao L., Huang J., Sun L., MOMD: A multi-object multi-dimensional auction for crowdsourced mobile video streaming, *Proc. INFOCOM 2017, IEEE Conf. Computer Communications*, 2017.
- Tian Y., Wei W., Li Q., Xu F., Zhong S., MobiCrowd: mobile crowdsourcing on location-based social networks, *IEEE INFOCOM*, 8486433, pp. 2726-2734, 2018.
- Timmermans J., Stahl B.C., Ikonen V., Bozdog E., The ethics of cloud computing: A conceptual review, *IEEE 2nd Int. Conf. Cloud Computing Technology and Science*, pp. 614-620, 2010.
- Tran-Gia P., Hossfeld T., Hartmann M., Hirth M., Crowdsourcing and its impact on future internet usage, *it - Information Technology Methoden und innovative Anwendungen der Informatik und Informationstechnik*, 55(4), 139-145, 2013.
- Truong H.-L., Dustdar S., Service-oriented architecture for mobile services, In: Kumar A., Xie B. (eds.), *Handbook of Mobile Systems Applications and Services*, CRC Press, Boca Raton, 2012, pp. 3-44.
- Turner M., Dowsland S., Mazel A., Giesen M., Rock art CARE: A cross-platform mobile application for crowdsourcing heritage conservation data for the safeguarding of open-air rock art, *Journal of Cultural Heritage Management and Sustainable Development*, 8(4), 420-433, 2018.

- Ullrich C., Shen R., Tong R., Tan X., A mobile live video learning system for large-scale learning - system design and evaluation, *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 3(1), 6-17, 2010.
- Vaquero L.M., Rodero-Merino L., Finding your way in the Fog: Towards a comprehensive definition of Fog Computing, *ACM SIGCOMM Computer Communication Review*, 44(5), 27-32, 2014.
- Varnfield M., Karunanithi M., Lee C.-K., Honeyman E., Arnold D., Ding H., Smith C., Walters D.L., Smartphone-based home care model improved use of cardiac rehabilitation in postmyocardial infarction patients: results from a randomised controlled trial, *Heart*, 100, pp. 1770-1779, 2014.
- Villela K., Nass C., Novais R., Simões P., Jr., Traina A., Rodrigues J., Jr. Menendez, J.M., Kurano J., Franke T., Poxrucker A., Reliable and smart decision support system for emergency management based on crowdsourcing information, *Studies in Computational Intelligence*, 764, 177-198, 2018.
- Wan J., Zhang D., Zhao S., Yang L., Lloret J., Context-aware vehicular cyberphysical systems with cloud support: Architecture, challenges, and solutions, *IEEE Communications Magazine*, 52(8), 6871677, 106-113, 2014.
- WOWZA Streaming Engine, <https://www.wowza.com/products/streaming-engine>
- Wu T., Dou W., Ni Q., Yu S., Chen G., Mobile Live Video Streaming Optimization via Crowdsourcing Brokerage, *IEEE Transactions on Multimedia*, 19(10), 2267-2281, 2017.
- Wu W.H., Wu Y.C.J., Chen C.Y., Kao H. Y., Lin C.H., Huang S.H., Review of trends from mobile learning studies: A meta-analysis, *Computers & Education*, 59(2), 817-827, 2012.
- Xu J., Guan C, Wu H., Yang D., Xu L., Li T., Online Incentive Mechanism for Mobile Crowdsourcing Based on Two-Tiered Social Crowdsourcing Architecture, 15th Annual IEEE International Conference on Sensing, Communication, and Networking (SECON), Hong Kong, China, 2018. DOI: 10.1109/SAHCN.2018.8397102.
- Yan T., Marzilli M., Holmes R., Ganesan D., Corner M., mCrowd - A Platform for Mobile Crowdsourcing. In: *SenSys 2009*, Berkeley, USA, pp. 347-348, 2009.
- Yan Z., Duan N., Chen P., Zhou J., Li Z., Building task-oriented dialogue systems for online shopping, 31st AAAI Conference on Artificial Intelligence, AAAI 2017, pp. 4618-4625, 2017.
- Yan, T., Kumar, V., Ganesan, D.: CrowdSearch: exploiting crowds for accurate real-time image search on mobile phones. In: *Proceedings of the 8th International Conference on Mobile Systems, Applications, and Services*, MobiSys 2010, ACM, New York, pp. 77-90, 2010.
- Yasumoto M., Teraoka T., VAIR Field - Multiple Mobile VR Shooting Sports, *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 10910 LNCS, pp. 235-246, 2018.
- Yusof M.M., Rosli N.F., Othman M., Mohamed R., Abdullah M.H.A., M-DCocoa: M-agriculture expert system for diagnosing cocoa plant diseases, *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 700, pp. 363-371, 2018.
- Zaidan A.A., Zaidan B.B., Albahri O.S., Alsalem M. A., Albahri A. S., Yas Q.M., Hashim M., A review on smartphone skin cancer diagnosis apps in evaluation and benchmarking: coherent taxonomy, open issues and recommendation pathway solution, *Health Technol.*, 8(4), 223-238, 2018.
- Zammetti F., *Pro iOS and Android Apps for Business: with jQuery Mobile, Node.js, and MongoDB*, Apress, 2014.
- Zenonos A., Stein S., Jennings N., An Algorithm to Coordinate Measurements Using Stochastic Human Mobility Patterns in Large-Scale Participatory Sensing Settings, *Advances in Artificial Intelligence*, Association for the Advancement of Artificial Intelligence (www.aaai.org), pp. 3936-3942, 2016.
- Zhang M., Yao Y., Jiang Y., Li B., Tang C., Accountable mobile E - commerce scheme in intelligent cloud system transactions, *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 9(6), 1889-1899, 2018.
- Zhao Y., Q. Han, Spatial Crowdsourcing: Current State and Future Directions, *IEEE Communications Magazine*, 54(7), 102-107, 2016.
- Zhou A.H., Patel V.R., Baredes S., Eloy J.A., Hsueh W.D., Mobile Applications for Allergic Rhinitis, *Annals of Otolaryngology, Rhinology & Laryngology*, 127(11), 836-840, 2018.