

# Distributed Smart Cameras

Lorenz Breu

**Zusammenfassung** Kameras, die zusammen Bilddaten über ein Gebiet sammeln, werden schon lange eingesetzt, allerdings werden die Bilddaten häufig von einem Menschen analysiert. Mit Fortschritten in der Technik können nun die Kameras mit "Intelligenz" ausgestattet werden, um verschiedene Analysen an den Bilddaten selbst durchzuführen und um untereinander zu kommunizieren, damit am Schluss das Gesamtsystem auf die Umgebung korrekt reagieren kann. Im Folgenden werden verschiedene Einsatzgebiete solcher "Distributed Smart Camera" Netzen sowie die darin auftretenden Probleme besprochen.

## 1 Einführung

Dieser Bericht soll einen Überblick über das Thema "Distributed Smart Cameras" (DSC) geben, welches den Aufbau und Betrieb von Systemen von Kameras mit integrierter Rechenhardware zu vielfältigen Zwecken (z.B. Umweltmonitoring, Überwachung, Verkehrsüberwachung, Gesundheitswesen, usw.) umfasst [2, 3]. Die Präsenz von Kameras in vielen Bereichen des öffentlichen Lebens ist spätestens seit 9/11 nicht mehr wegzudenken und dass Kameras zur Überwachung von Casinos, Hotels, Parkhäuser, Bankomaten und vielen anderen gefährdeten Objekten schon seit einiger Zeit im Einsatz sind, ist vermutlich auch jedem bekannt. Allerdings werden in diesen Fällen die Bilddaten meist noch von einem Menschen ausgewertet. Die Forschung im Bereich DSC zielt nun darauf hin, einzelne Kameras zu einem Netz zusammenzufassen und sie so mit Hardware und "Intelligenz" auszustatten, dass sie Bilddaten selbstständig analysieren können und anhand dieser Analyse dann passende Aktionen auslösen (z.B. [4]). Dabei sind nicht nur polizeiliche oder militärische Anwendung geplant [3], sondern auch Anwendungen in anderen Bereichen, z.B. im Gesundheitswesen [4]. Die Entwicklung von solchen Plattformen stellt verschiedene Anforderungen in Bereichen wie Hardware, Bildbearbeitungs-Algorithmen, Kommunikation zwischen den Kameras und Ortsbestimmung [1, 3, 2]. Es werden auch verschiedene Ansätze für solche Systeme verfolgt, wobei nicht nur spezielle Lösungen für ganz spezifische Einsätze entwickelt werden [3], sondern auch generelle Frameworks für den Einsatz von off-the-shelf Produkten wie Mobiltelefone [2].

Dieser Bericht bespricht verschiedene Aspekte solcher Systeme von verteilten Kameraknoten mit integrierter "Intelligenz". Im nächsten Abschnitt werden kurz mögliche Anwendungsgebiete besprochen, dann werden Probleme diskutiert, welche bei der Entwicklung von DSC Plattformen entstehen und deren Einsatz behindern können. Zum Schluss wird das Thema nochmals zusammengefasst.

## 2 Anwendungsgebiete

Das Sehen ist wohl der wichtigste Sinn für uns Menschen, deshalb überrascht es kaum, dass Kameras schon fast allgegenwärtig sind. Sie werden nicht nur benutzt, um wichtige Ereignisse zu dokumentieren und archivieren, sondern auch um in Echtzeit Bilddaten zu sammeln, um Gebiete zu überwachen, an denen ein Mensch nicht (dauernd) anwesend sein kann, um Bilddaten von verschiedenen Gebieten an einem Punkt zu sammeln, oder um Bilddaten zu sammeln, die ein Mensch nicht wahrnehmen kann (Infrarot, Restlichtverstärkung, usw.). In allen diesen Bereichen ist es auch denkbar, die Kameras mit "Intelligenz" zu versehen, damit sie dem Menschen Entscheidungen abnehmen können und je nach Situation verschiedene Reaktionen auslösen können. Dies kann die Reaktionszeit zwischen einem Ereignis (z.B. einem Sturz) und einer geeigneten Reaktion (z.B. dem Alarmieren einer Ambulanz) verkürzen. Wenn nun mehr als nur eine Kamera im Einsatz ist, dann macht es sicher Sinn, die Informationen der einzelnen Kameras entweder auszutauschen oder an einem Punkt zusammenzufassen, damit mehr Information für Entscheidungen bereitsteht. Da in vielen Szenarien, in welchen heute Kameras eingesetzt werden, die Zahl der Kameras gross sein kann, sollten Systeme auch skalieren können. Die Fortschritte in der Technologie erlauben es heute immer mehr Rechenleistung in immer kleinerem Raum unterzubringen, und auch die Kosten von spezifischer Kamerahardware nehmen ab. So hat heute beinahe jedes neue Mobiltelefon neben Kommunikationsmöglichkeiten auf kurze (Bluetooth) oder grosse Distanzen (GPRS) eine integrierte Kamera [2]. Deshalb werden im Bereich der DSC Netze nicht nur spezielle, teure und für ganz spezifische Zwecke gebaute Systeme entwickelt, sondern es werden auch Plattformen entwickelt, die es ermöglichen sollen, billige und allgegenwärtige Geräte wie Mobiltelefone zu solchen Netzen zu vereinen [2]. Es folgen nun zwei spezifische Einsatzszenarien von vernetzten Kameras:

### 2.1 Militärische Überwachung

Es ist nicht verwunderlich, dass besonders das Militär an solchen Systemen von verteilten untereinander kommunizierenden Kameras interessiert ist, da solche Systeme viele Überwachungsaufgaben automatisieren können und ausserdem auch in Situationen, die die menschliche visuelle Überwachung schwierig machen, sinnvoll eingesetzt werden können dank Infrarot- und Nachtsicht-Kameras. Die Entwicklung solcher Systeme begann in den USA schon mitte 90er Jahre und wird auch heute noch aktiv vorangetrieben, ausserdem sind aus der militärischen Forschung in diesem Gebiet kommerziell erhältliche Produkte entstanden [3]. Die Entwicklung von solchen intelligenten Überwachungssystemen besteht aus sechs Hauptkomponenten: Sensoren, Algorithmen zur (Ziel-)Erfassung, Hardware, Software, Benutzerschnittstelle und höhere Algorithmen zur Datenzusammenfassung und zum Herausfiltern von uninteressanten Ereignissen [3]. Fortschritte in allen Gebieten haben die Entwicklung von skalierbaren Infrastrukturen erlaubt, aber es wird auch noch aktiv weiterentwickelt, da es noch einiges an Verbesserungspotential gibt (siehe Abschnitt 3).



## 2.2 Unterstützung für ältere Menschen

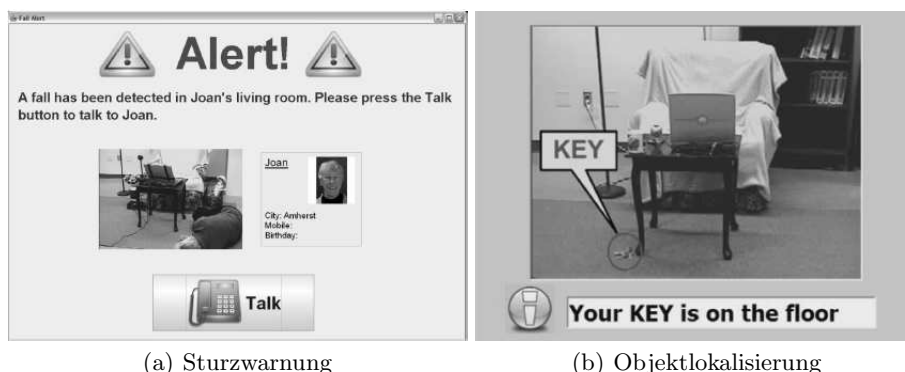
Ein weiteres mögliches Einsatzgebiet für solche intelligenten Kameranetze liegt im Gesundheitswesen, im speziellen in der Unterstützung älterer Menschen in ihrem Zuhause. Ein solches Beispiel ist ein System, welches zum einen Stürze registrieren und zum anderen verschiedene Gegenstände in der Wohnung finden kann [4].

Das System besteht aus einer Reihe von Kameras, welche in der Wohnung verteilt sind und mit einem Zentralrechner verbunden sind, welcher seinerseits über Kommunikationskanäle nach aussen (z.B. Telefon) verfügt. Ausserdem sind in jedem Raum Terminals, um mit dem System zu interagieren.

Eine der Hauptaufgaben des Systems besteht darin, zu merken, wenn der Bewohner/die Bewohnerin stürzt, um dann selbständig Hilfe anzufordern [4]. Obwohl es schon Systeme gibt, die Stürze registrieren können, bestehen diese bis anhin entweder aus Sensoren, welche am Körper getragen werden müssen, oder sie verlangten vom Benutzer, aktiv einen Knopf zu drücken [4]. Solche Sensoren werden jedoch oft nicht angezogen, entweder weil es lästig ist für den Benutzer, oder aber weil der Benutzer vergessen hat, den Sensor anzuziehen und im Fall des Knopfes ist der Benutzer vielleicht nicht mehr in der Lage, diesen zu drücken. Deshalb ist es ein Vorteil, ein aus Kameras bestehendes System einzusetzen, mit welchem der Benutzer in diesem Fall nicht direkt interagieren muss.

Die einzelnen Kameras des Systems benutzen "background subtraction" Algorithmen, um sich bewegende Objekte vom Hintergrund zu unterscheiden, und senden diese Daten über sich bewegende Objekte an den Hauptrechner, welcher seinerseits anhand von Markov Modellen und Trainingsdaten überprüft, ob es sich dabei um einen gestürzten Menschen handelt oder nicht [4]. Sollte der Rechner einen Sturz erkennen, so löst er einen lokalen Alarm aus. Wird dieser nicht quittiert, so versucht das System, Leute aus einer Freundesliste zu kontaktieren und wenn das auch fehlschlägt, dann wird eine Notrufzentrale informiert. Das System baut dann mit der Notrufzentrale eine Bildverbindung auf zur Kamera, welche den Sturz entdeckt hat, damit sich die Zentrale ein Bild über die Situation machen kann (siehe Abbildung 2(a)) [4].

Eine andere Funktion des Systems besteht darin, den Menschen zu helfen, verschiedene Gegenstände innerhalb der Wohnung zu finden, z.B. die Brille oder die Fernbedienung. Dabei werden verschiedene interessante Dinge beim Hauptrechner registriert. Die Kameras benutzen auch hier wieder "background subtraction" Algorithmen um herauszufinden, wenn sich der Hintergrund des Bildes ändert. Solche Änderungen werden wieder an den Hauptrechner geschickt, welcher dann die Kamera dazu bringt, näher an das Objekt heranzuzoomen und verschiedene Algorithmen benutzt, um das Objekt mit der Liste von zu verfolgenden Objekten zu vergleichen und bei einem Treffer in einer Positionsliste einzutragen. Wenn der Benutzer nun das System fragt, wo die Fernbedienung ist, dann sucht das System erst in der Positionsliste und meldet dem Benutzer gleich mit einem Bild wo die Fernbedienung nun ist. Wenn es in der Liste keinen Eintrag gibt, so sucht das System aktiv nach dem Objekt, indem jede Kamera ein paar Bilder ihres Bereichs an den Rechner schickt, welcher dann versucht,



(a) Sturzwarnung

(b) Objektlokalisierung

**Abbildung 2:** Meldung des Systems wenn es a) einen Sturz feststellt und b) ein Objekt findet [4]

das Objekt im Bild zu finden und dem Benutzer anschliessend die wahrscheinlichsten Orte, an denen sie das Objekt befinden könnte, angibt (siehe Abbildung 2(b)).

### 3 Probleme und Hürden

Wie bei den meisten Visionen im Bereich "Internet der Dinge" gibt es auch bei DSC Probleme und Hürden, welche die effiziente und einfache Implementierung stören. Im Folgenden werden ein paar dieser Probleme besprochen.

#### 3.1 Objekterfassung und -Identifikation

Das Erkennen von Objekten von Interesse in einem Bild, sei es nun eine Fernbedienung im Haus oder ein Eindringling in einem abgesperrten Gebiet in der Nacht und bei Regen, ist die grundlegendste Funktion einer Applikation in diesem Bereich. Deshalb müssen Kameras in der Lage sein, solche Objekte schnell und präzise zu lokalisieren. Dabei spielen sowohl Hardware wie auch Software eine Rolle. In erster Linie geht es einmal um die Auflösung der Kamera an sich, denn eine Kamera mit niedriger Auflösung hat weniger Bildpunkte zur Verfügung, um z.B. ein sich bewegendes Ziel vor einem statischen Hintergrund auszumachen [3]. Dafür generiert eine hochauflösende Kamera dann eine grössere Datenmenge, die nicht nur bearbeitet sondern auch übertragen werden muss. Was dabei auch eine Rolle spielt, ist das Gebiet, das eine Kamera auf einmal wahrnehmen kann. Eine Kamera von niedriger Auflösung, die nur ein kleines Gebiet "im Auge behalten" muss, reicht vielleicht aus, um eine Fernbedienung zu entdecken, aber nicht, um einen Menschen auf 200m Entfernung. Ausserdem ist hochauflösende Hardware teurer, sodass es abzuwägen gilt, ob man z.B. wenige hochauflösende Kameras einsetzt, um ein bestimmtes Gebiet abzudecken, oder lieber viele Kameras von

niedrigerer Leistung [3]. Für gewisse Anwendungen (z.B. um zu zählen, wieviele Leute einen gewissen Flur entlang gehen) reichen sogar die einfachen Kameras, die in Mobiltelefonen untergebracht sind [2]. Verschiedene Systeme benutzen deshalb verschiedene Kameras, die zusammenspielen, um die Aufgabe des Gesamtsystems zu lösen, z.B. können statische Kameras ein Gebiet überwachen und sich bewegende Objekte im Vordergrund registrieren, während teurere Kameras, die sich auf solche Objekte ausrichten und heranzoomen können (PTZ Kameras), die eigentliche Identifikation übernehmen [3].

Neben den optischen Eigenschaften eines Kameraknotens in einem verteilten Kamerasystem spielt auch die im Knoten zur Bildanalyse zur Verfügung stehende Kapazität eine Rolle. Im zivilen Beispiel übernehmen die Kameraknoten nur einen Teil der Verarbeitung, die rechenintensiven Algorithmen zur Identifikation und Lagebeurteilung werden von einem mit mehr Rechenleistung ausgestatteten Spezialknoten (z.B. Zentralrechner) übernommen [4]. Wenn jedoch die eigentlichen Kameraknoten dies auch machen könnten, würde das System einfacher zu skalieren und die Menge an Daten, die über das Netz übertragen werden muss, würde verringert werden.

Ein anderes Problem in diesem Bereich sind falsche Alarmer. So müssen in einem militärischen Überwachungssystem Verfahren sicherstellen, dass sich im Wind bewegendes Gebüsch oder Tiere nicht als Eindringlinge eingestuft werden und somit einen Alarm auslösen, da bei einem solchen Alarm Personal an die Einbruchsstelle geschickt werden muss [3]. Auch würde ein System zur Erkennung von Stürzen nicht eingesetzt werden, wenn es jedesmal einen Alarm auslöst, wenn sich eine Person hinlegt oder nur hinsetzt [4]. Im Fall von Systemen, die mit Mobiltelefon-Kameras arbeiten, die durch die zur Verfügung stehende Rechenleistung eine begrenzte Menge an Bildern pro Sekunden analysieren können, um z.B. die Bewegung einer Person zu verfolgen, kann es leicht passieren, dass eine Person, die zu schnell durch das Blickfeld der Kamera geht, nicht wahrgenommen wird, oder dass zwei Personen, die sich zur gleichen Zeit im selben Bild befinden, nur als eine gezählt werden [2]. Auch solche "false negatives" müssen minimiert werden. Dies bedingt die Entwicklung von geeigneten Verfahren, aber auch die Erhöhung der Rechenleistung, die den Kameras zur Verfügung steht.

Alle diese Probleme bestehen schon bei Systemen mit statischen Kameras, es gibt aber auch schon Projekte, auf DSC basierende Überwachungssysteme auf Schiffen einzusetzen [3]. Da werden die Schwierigkeiten noch markanter, da sich nun der Bildhintergrund und die relativen Positionen der Kameras dauernd ändern.

### 3.2 Kommunikation

Zusätzlich zu den oben erwähnten Hard- und Software Problemen muss auch die effiziente Kommunikation zwischen den Knoten des DSC Netzes gewährleistet werden. Im Fall von mit Kabeln verbundenen Kameras, die ein Netz bilden, dass über ein relativ kleines Gebiet verteilt ist (z.B. im einer Wohnung), können bestehende Infrastrukturen und Protokolle wie TCP/IP und Ethernet ohne Anpassungen eingesetzt werden [4], in anderen Fällen, wo die Kameras über ein

weites Gebiet verteilt sind, evtl. sogar umpositioniert werden und nicht mit Kabeln verbunden werden können, reichen bestehende Systeme und Technologien vielleicht nicht mehr aus und es müssen neue Netzarchitekturen entwickelt werden, die es dem System erlauben, grosse Datenmengen in Realzeit zu verarbeiten und zudem noch die Skalierbarkeit sicherstellen. Dabei gilt es das Optimum zu finden gegeben den Anforderungen an das System (Latenz, abzudeckendes Gebiet, Skalierbarkeit, Kosten) und den Möglichkeiten der Knoten und des Netzes (Auflösung, Distanz zwischen den Knoten, Funk- oder Kabelverbindung, Rechenleistung der Knoten, zur Verfügung stehende Bandbreite).

Neben der Kommunikation innerhalb des DSC Netzes muss eventuell auch eine Möglichkeit bestehen, das Netz über grössere Distanzen mit einem anderen zu verbinden, oder die nahe zusammen liegenden Knoten müssen Ereignisse an einen weiter entfernt liegenden Server schicken [2]. In diesem Fall müssen den Knoten vielleicht verschiedene Technologien zur Verfügung stehen, eine für den Nahbereich (z.B. Bluetooth) und eine für grössere Distanzen (z.B. GPRS) [2]. Da moderne Mobiltelefone über alle diese Komponenten (Kamera, Bluetooth, GPRS) verfügen, gibt es Bemühungen, auf diesen aufbauende DSC Systeme zu entwickeln [2].

Neben der eigentlichen Verteilung von Information im DSC Netz muss auch die Koordination zwischen den Knoten funktionieren. Im Fall wo die Knoten nicht symmetrisch sind, z.B. wo wenige PTZ Kameras Ziele von verschiedenen einfacheren Kameras bekommen, müssen gewisse Aufgaben höhere Priorität haben, als andere [3, ?]. So sollte es zum Beispiel nicht passieren, dass eine Person stürzt, dies aber nicht vom System gemeldet wird, da es im Moment gerade damit beschäftigt ist, die Fernbedienung zu suchen [4].

### 3.3 Ortsbestimmung

Die geographische Lage, sei es nun absolut oder relativ zu anderen Kameras, ist wichtig für Systeme, in der ein Knoten auf Informationen, die er von einem anderen erhalten hat, reagieren muss, so zum Beispiel wenn eine Kamera heranzoomen soll [3, ?]. Auch ist es unter Umständen wichtig, den Abstand zwischen zwei Knoten zu kennen, um die Bewegung von Objekten durch ein Gebiet zu identifizieren [2]. Zudem ist es für Systeme, die 3D Informationen aus den 2D Bilddaten von verschiedenen Kameras mit überlappenden Blickfeldern rekonstruieren auch wichtig zu wissen, wie die Kameras ausgerichtet sind und relativ zu einander positioniert sind [1]. Deshalb müssen DSC Knoten in solchen Systeme die Möglichkeit haben, ihre Position herauszufinden.

Eine Möglichkeit wäre der Einsatz von zusätzlichen Sensoren an jedem Knoten, um zum Beispiel mittels des GPS Systems ihre absolute Position zu bestimmen und diese dann dem DSC Netz bekannt zu geben. Eine andere Möglichkeit ist es, mittels den eigentlichen Bilddaten und dem Vergleich dieser Daten mit denen von anderen Knoten die relative Position und Ausrichtung zu bestimmen. Diesen Ansatz wurde erfolgreich für ein kleines DSC Netz demonstriert, indem die Kameras mit Blinklichtern ausgestattet sind, die auf eine bestimmte Art blinken, die für jede Kamera spezifisch ist [1]. Auf diese Weise können

jeweils drei Knoten untereinander anhand ihrer Blinkmuster ihre relativen Positionen zueinander bestimmen [1]. Eine andere Möglichkeit besteht darin, das System zu Beginn zu kalibrieren, wenn die Anordnung der Kameras bekannt ist, indem zum Beispiel ein Mensch mit konstanter und bekannter Geschwindigkeit durch die Blickfelder aller Kameras geht [2]. Diese Kalibrierung kann sich laufend verändern, wenn das Eintreffen bestimmter Fälle an einem Knoten (z.B. Mensch betritt Blickfeld) mit einem entsprechenden Fall an einem anderen Knoten (z.B. Mensch verlässt Blickfeld) in Verbindung gebracht werden kann und relativen Positionen der Kameras bekannt sind [2]. Dazu braucht es aber neben der physischen Koordination auch eine zeitliche Koordination, damit solche Fälle einander zugeordnet werden können [2].

### 3.4 Schutz der Privatsphäre

Da DSC Systeme Bildinformationen sammeln, auf denen Menschen zu sehen sind, treten sofort Probleme im Bereich des Datenschutzes und der Wahrung der Privatsphäre auf. Dies ist vielleicht weniger der Fall für militärisches Überwachungssysteme, welche abgesperrte Gebiete überblicken, aber im Fall des oben besprochenen Sturz-Warnsystems ist es ein wichtiges Thema [4]. Dieses System übermittelt Bilder aus dem Heim des Benutzers an die Aussenwelt, zusätzlich noch Bilder, in denen sich die Person in einer misslichen Lage befindet [4]. Es muss daher sichergestellt werden, dass diese Bilder nur kontrolliert weitergegeben werden (z.B. nur an einen limitierten und vom Benutzer festgelegten Freundeskreis), oder aber dass die Bilder nicht unverändert gezeigt werden, sondern dass z.B. ein schwarzer Balken über die gestürzte Person gelegt wird, wenn das Bild weitergeleitet wird [4]. Dieses und ähnliche Probleme liegen allerdings nicht im Bereich der technischen Produktentwicklung sondern eher im gesellschaftlichen Umfeld, weshalb nicht weiter darauf eingegangen wird.

### 3.5 Benutzerschnittstellen

Ein anderer Aspekt von DSC Anwendungen ist die Benutzerschnittstelle zwischen dem System und dem Menschen. Soll ein DSC Überwachungssystem dem Sicherheitspersonal alle Bilder auf einer Wand von Monitoren darstellen, damit der Mensch wieder alle Entscheidungen selber treffen kann, oder soll das System Probleme selber einstufen und nur konkrete Alarmer an das Personal weitergeben? Wie kann ein Mensch mit dem System, welches seine Schlüssel suchen soll, interagieren? Soll er zu einem Terminal gehen müssen, oder gibt es eine Sprachsteuerung? Auch diese Fragen liegen eher im Bereich des Designs und nicht der Technik, weshalb auch dieser Bereich nicht detailliert behandelt wird. Allerdings wird ein System am Ende nur dann eingesetzt, wenn der Benutzer sich damit wohl fühlt, also muss das Thema der Schnittstelle auch bei der Entwicklung von DSC Systemen eine Rolle spielen.



## 4 Zusammenfassung

Kameras sind schon lange für verschiedene Zwecke im Einsatz, oftmals auch in "Systemen" von mehreren Kameras. Deshalb macht es Sinn, diese Kameras mit einer gewissen "Intelligenz" zu versorgen, damit sie im Verbund verschiedene Aufgaben übernehmen können, ohne dass ein Mensch die Bilddaten selber analysieren muss. Um solche DSC Netze aufzubauen benötigt es Technologien aus verschiedenen Bereichen. Als aller erstes muss sichergestellt werden, dass die Kameras in der Lage sind, aus den Bildern, die sie aufnehmen, die gewünschte Information zu extrahieren, z.B. ein Mensch auf 200m oder einen Schlüssel im Wohnzimmer. Dazu benötigt es einerseits passende Hardware zur digitalen Aufnahme und Bearbeitung der Bilder aber auch entsprechender Algorithmen, welche dies schnell erledigen können. Für moderne Kamerasysteme ist die Aufnahme kein Problem, aber für viele DSC Systeme wird immernoch ein entsprechend ausgerüsteter Rechner benötigt, der die intensiven und komplexen Bildanalysen durchführt, allerdings ist es dank Fortschritten in der Entwicklung von spezialisierter Hardware auch schon möglich, Hardware zur Bildbearbeitung an den einzelnen Kameraknoten unterzubringen [3, 4]. Es ist sogar möglich, einfache DSC Systeme mit Mobiltelefonen als Kameraknoten zu bauen, da moderne Mobiltelefone über alle nötigen Komponenten verfügen: eine digitale Kamera, Kommunikationsmöglichkeit im Nahbereich mit Bluetooth, Kommunikation über grössere Distanzen mittels GPRS und eine Plattform zur Entwicklung von Software mit den nötigen APIs dank Java, was noch ein Problem darstellt ist wohl die begrenzte Rechenleistung [2].

Wie oben erwähnt profitiert die Entwicklung von DSC Systemen von Fortschritten in vielen Gebieten, und es wird laufend in allen Gebieten geforscht. Kleinere aber leistungsfähigere Komponenten zur Bildanalyse die zudem weniger Energie verbrauchen erlauben es den einzelnen Knoten, einen grösseren Teil der Rechenoperationen durchzuführen, womit das System an sich leistungsfähiger, flexibler und besser skalierbar wird. Fortschritte in der Entwicklung von Algorithmen zur Bildanalyse könnten es dem System erlauben, die nötigen Informationen aus weniger Bildern zu extrahieren, falsche Alarmer zu verhindern und die Bearbeitung in Realzeit mit weniger Rechenleistung durchzuführen. Neue Netzarchitekturen helfen beim Aufbau von Systemen aus vielen Kameras und machen diese Systeme leicht zu skalieren. Die Fortschritte im Bereich der Mobiltelefone erlauben die Entwicklung von frameworks für den schnellen Aufbau von DSC Systemen aus billigen Komponenten die überall verfügbar sind, da moderne Mobiltelefone mit eingebauten Kameras direkt als Kameraknoten eingesetzt werden können.

Die Entwicklung von DSC Systemen ist nicht nur ein reines Forschungsgebiet, denn Videoüberwachung gibt es schon lange und wird in den Zeiten nach 9/11 und den verschiedenen Epidemie-Panik-Attacken noch gefragter werden. Wenn diese Systeme nun automatisiert werden können und der Mensch sich nicht mehr mit dem mühsamen anschauen von Überwachungsvideos abquälen muss sowie das System schnell und einfach an spezifische Situationen angepasst werden kann dank Skalierbarkeit und Selbstverwaltung (Kommunikation, Netzaufbau usw.)

so wird es mit grosser Sicherheit einen Abnehmer geben. Dies gilt aber nicht nur für den polizeilichen oder militärischen Einsatz, sondern auch für alle Gebiete, in denen mehrere Kameras zusammen im Einsatz sind, sei es nun, um älteren Menschen zu helfen, ihre Schlüssel zu finden, ihnen die Sicherheit zu geben, dass jemand benachrichtigt wird, wenn sie stürzen, oder mehrere Kameras Informationen über ein Gebiet sammeln und untereinander Kommunizieren, um ihre Position zu bestimmen und 3D Bilder zu generieren.

## Literatur

1. Taylor, C.J., Shirmohammadi, B.: Self Localizing Smart Camera Networks and their Applications to 3D Modeling. Workshop on Distributed Smart Cameras (DSC 2006), Oktober 2006.
2. Bolliger, P., Köhler, M. and Römer, K.: Facet: Towards a Smart Camera Network of Mobile Phones. Proceedings of Autonomics 2007 (ACM First International Conference on Autonomic Computing and Communication Systems), Oktober 2007.
3. Boulton, T.E., Johnson, R.C., Pietre, T., Woodworth, R. and Zhang, T.: A Decade of Networked Intelligent Video Surveillance. ACM Workshop on Distributed Camera Network, Oktober 2006.
4. Williams, A., Xie, D. and Ou, S.: Distributed Smart Cameras for Aging in Place. Workshop on Distributed Smart Cameras (DSC 2006), Oktober 2006.