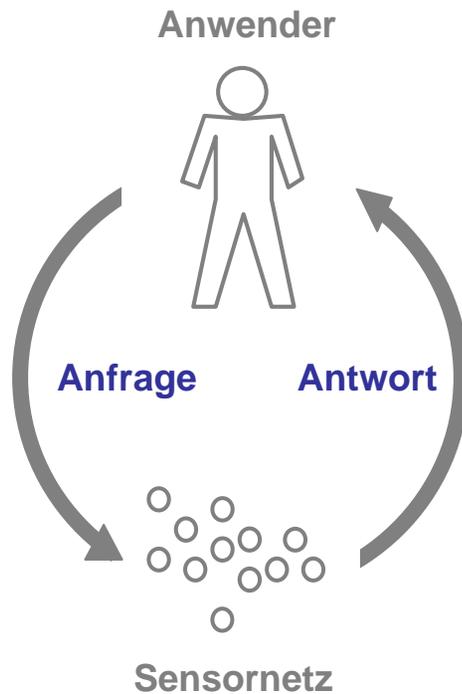


Collaborative Signal and Information Processing (CSIP)

Dominik Grolimund, Betreuer: Marc Langheinrich



Idee

Anwender stellt Anfrage und erhält Antwort
Sensornetz berechnet das Resultat selbständig

Eigenschaften

Limitierte Energieressourcen
Limitierte Kommunikationsbandbreite

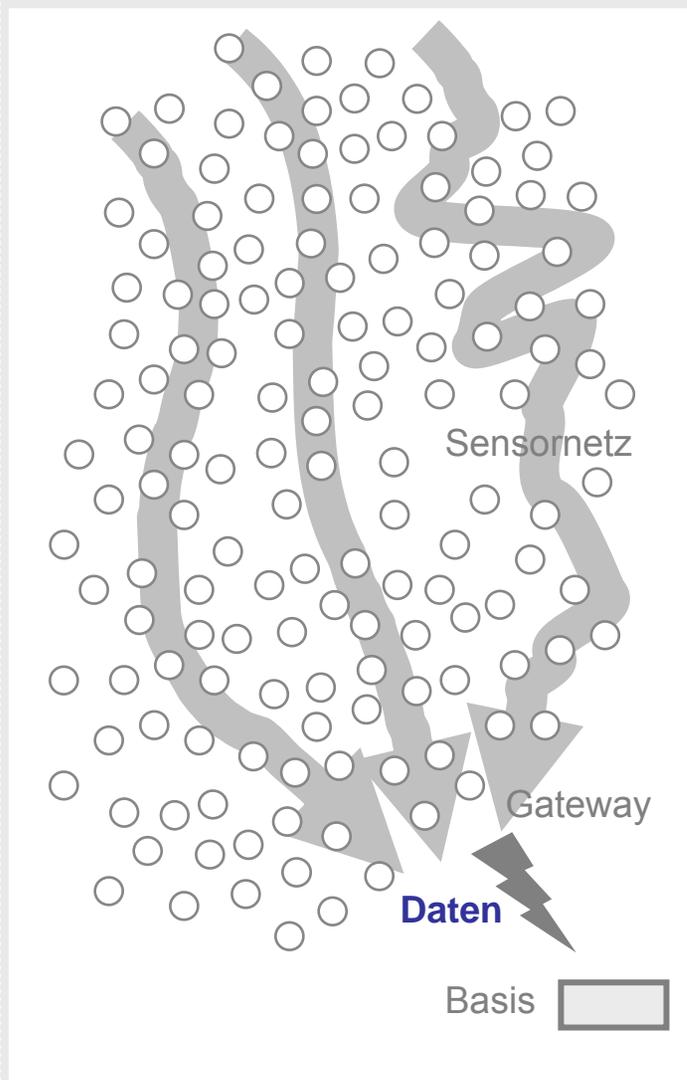
Ziel

Aufgabe möglichst energieeffizient lösen

Wie...?



Zentraler Ansatz



Extremfall

Jeder Sensor misst ständig

Schickt **Rohdaten** in jedem Zeitintervall an Basisstation

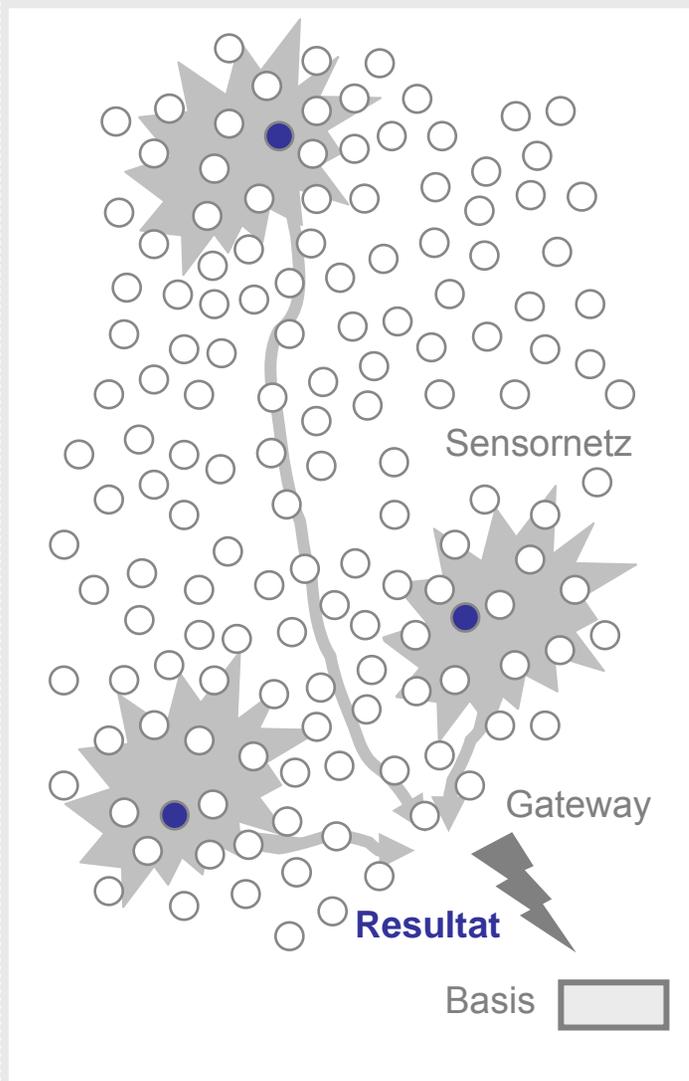
Basisstation berechnet Aufgabe

Problem

1 Bit zu versenden benötigt 1'000 bis 10'000 mal mehr Energie, als 1 Bit zu „verarbeiten“ (Berkeley Motes und Sensoria)

Kommunikation ist dominierender Faktor

Verteilter Ansatz



Idee

Verteilte Algorithmen

Kollaboration

Clustering

Resultat vs. Rohdaten (hier: Resultat)

Vorteile

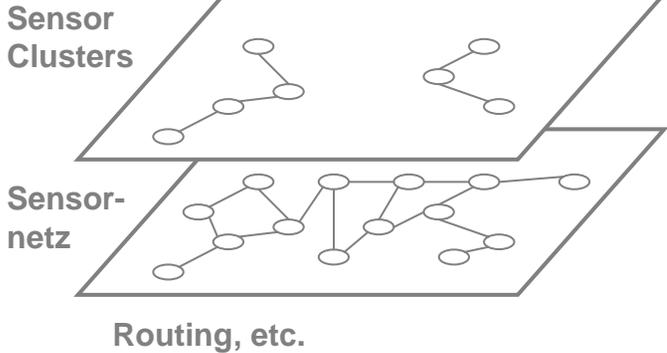
spezifisch (Aufgabe)

wenige(r) Nachrichten an Basis (energieeffizient)

robust (hohe Redundanz)

skalierbar

CSIP auf dieser Schicht



Ziele

Kollaboration auf Anwendungsebene

Dynamisch kollaborative Gruppen bilden

Auswählen der relevanten Knoten

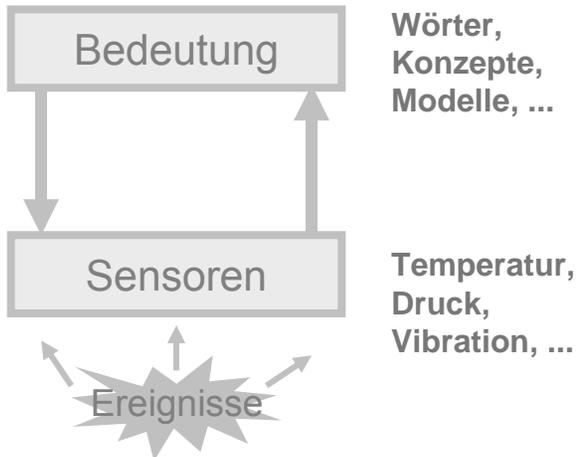
Rohdaten (kollaborativ) in **Resultat** umwandeln

z.B. Motorgeräusch

„niedriger“ Informationsgehalt

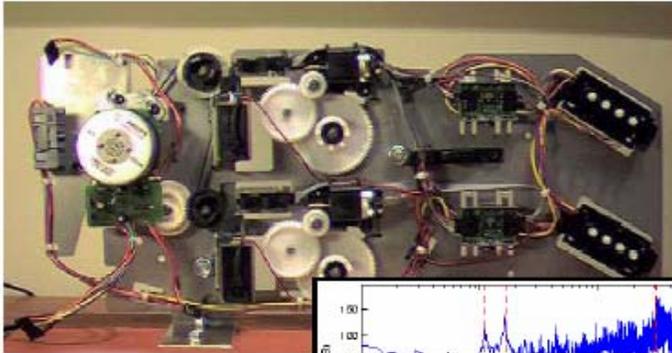
→ „hohen“ Informationsgehalt

z.B. Fahrzeugtyp



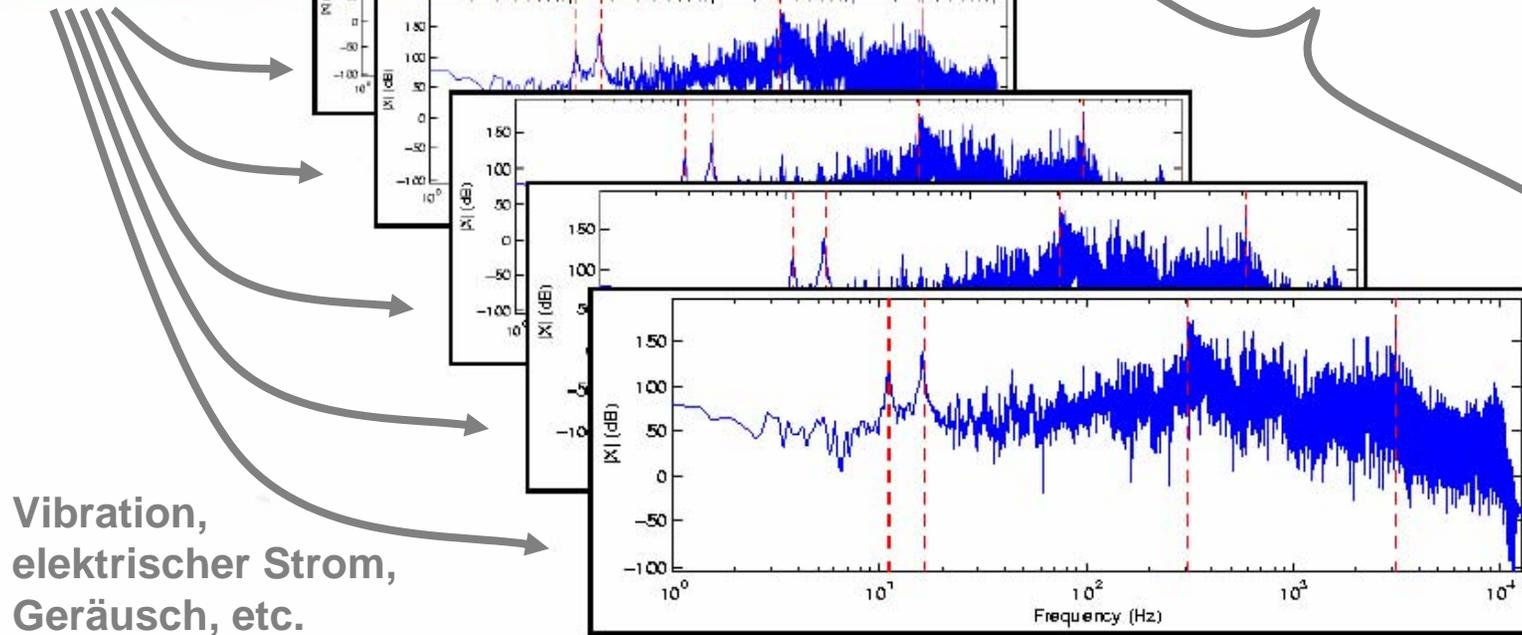


Beispiel für CSIP



Beispiel von Xerox PARC,
Smart Matter Diagnostics

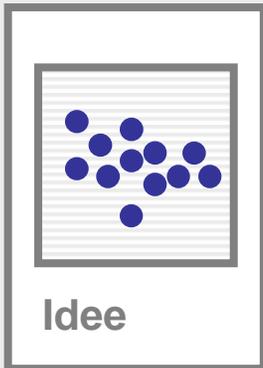
„gesunder“ Motor,
„kranker“ Motor



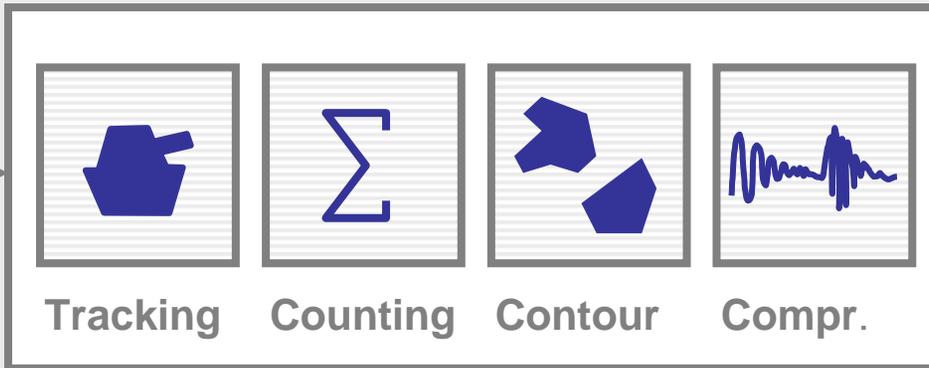


Collaborative Signal and Information Processing (CSIP)

Einführung



Beispiele

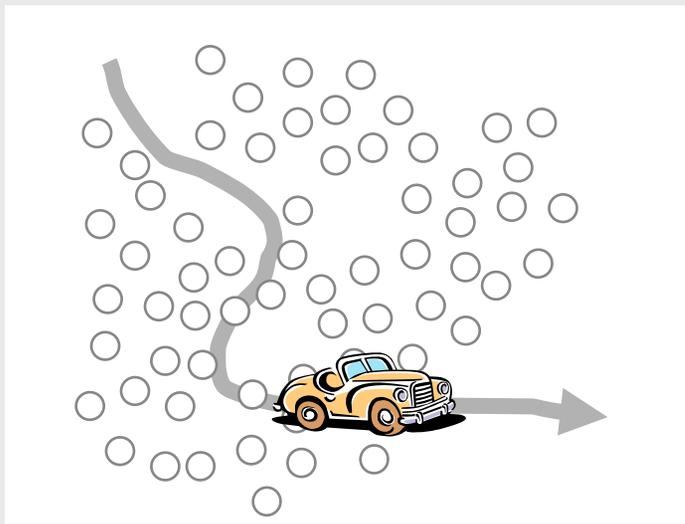


Schluss





Target Tracking



Ziel

Detektieren, Identifizieren, Lokalisieren und Verfolgen eines Objekts (Fahrzeug, Person, etc.)

Kanonisches Beispiel für CSIP

Sensoren: z.B. akustisch und seismisch

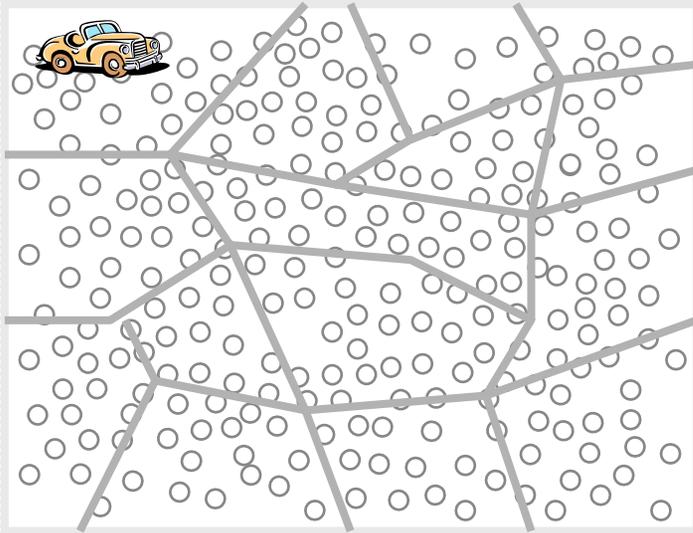
UW-CSP von University of Wisconsin, Madison

IDSQ von CoSense-Gruppe bei Xerox

Feldexperimente: DARPA (Palms 29), etc.



Target Tracking (II)



Tracking Szenario

Sensornetz in Regionen aufteilen, pro Region ein Manager-Knoten

Detektion und Identifikation:

typischerweise Knoten alleine oder mit „leichter“ Kollaboration

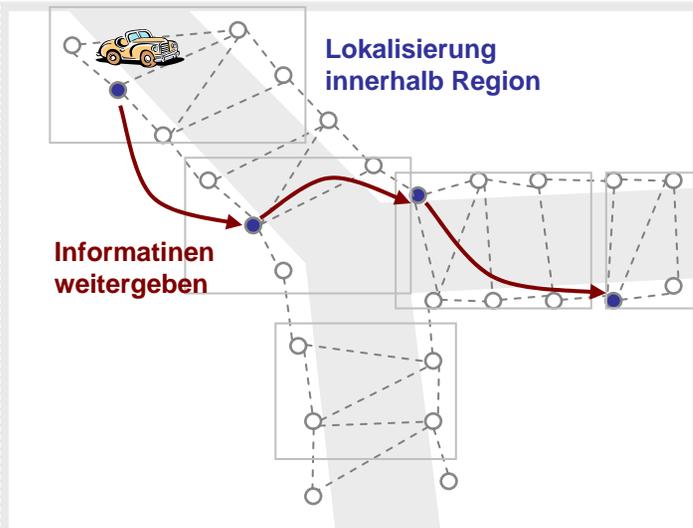
Lokalisierung:

Manager berechnet die Position

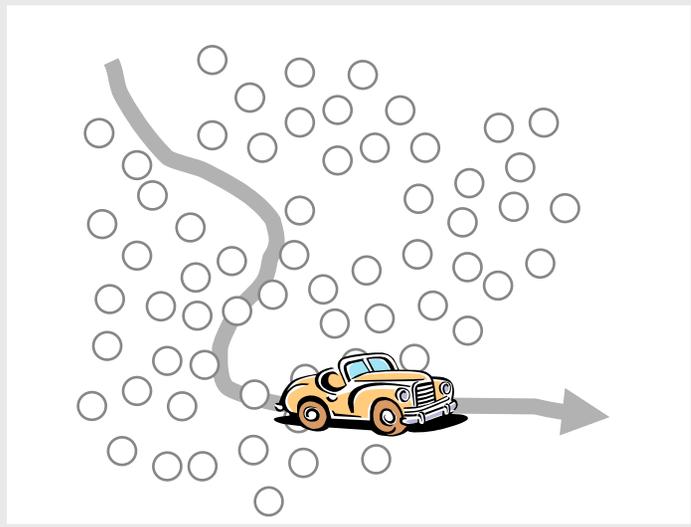
einfach
oder LSQ

Tracking:

Übermittelt Pos. an Basis, aktiviert Umgebungsregionen und gibt Informationen weiter



Target Tracking (III)

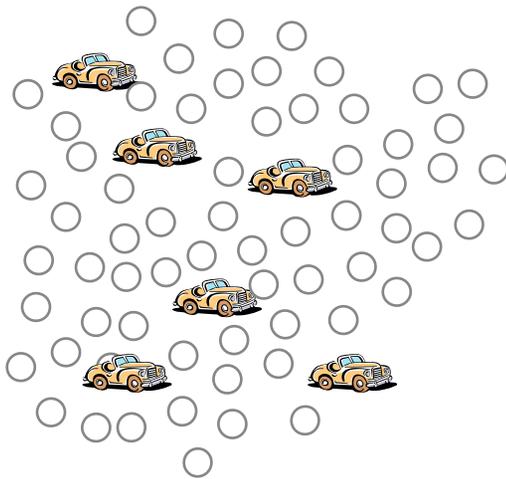


Demo



Target Counting

wie viele?

 6

Ziel

Herausfinden, wie viele Objekte sich im Sensorgebiet befinden.

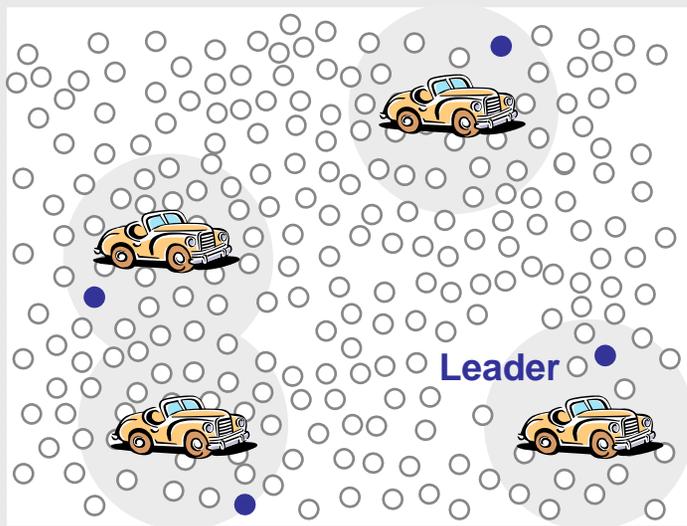
Idee 1

Lokalisiere jedes Objekt und zähle die unterschiedlichen Positionen zusammen

→ genaue Position wird gar nicht gebraucht und ist teuer zu berechnen (bspw. LSQ)

→ schlecht

Target Counting (II)



Idee 2

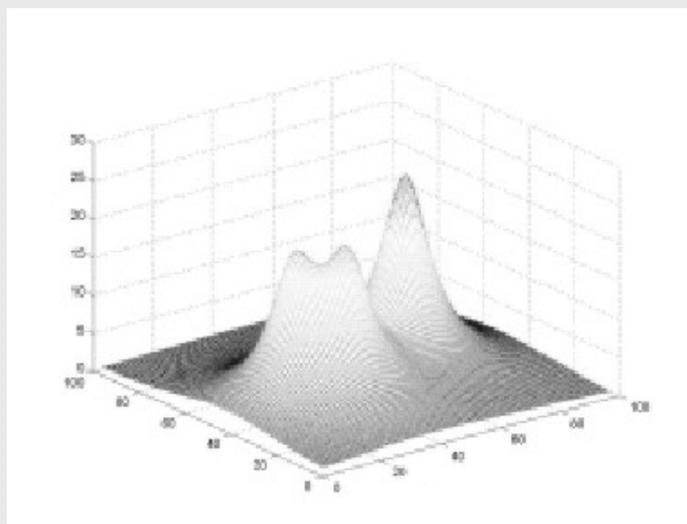
Für jedes Objekt wird ein Leader gewählt

Leadership wird weitergereicht, wenn sich das Objekt bewegt

Objekte sehr nahe: Peaks zählen (Signal)

Zähle Anzahl Leader (Leader an Basisstation)

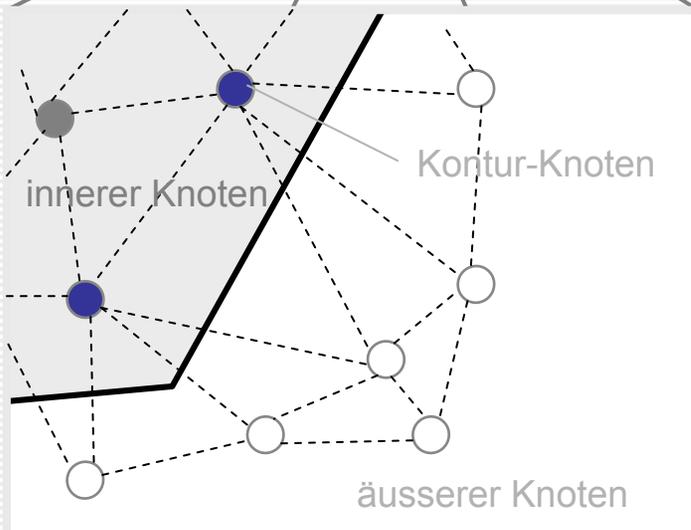
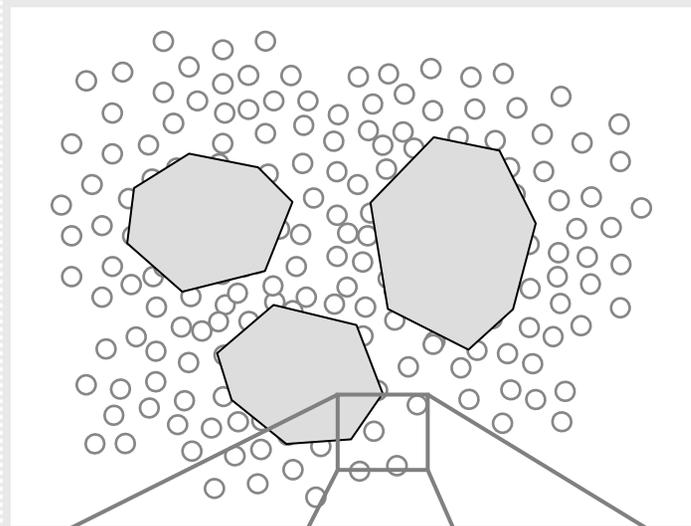
Benötigt genaue Position also nicht



Feldexperiment: Xerox, 25 MICA-Motes, 10 KByte



Contour Tracking



Ziel

Einflussbereich von Objekten herausfinden, ohne sie zu lokalisieren (bspw. Gas, das sich ausbreitet).

Idee

Triangulations-Algorithmus (z.B. Delaunay) zur Setup-Zeit

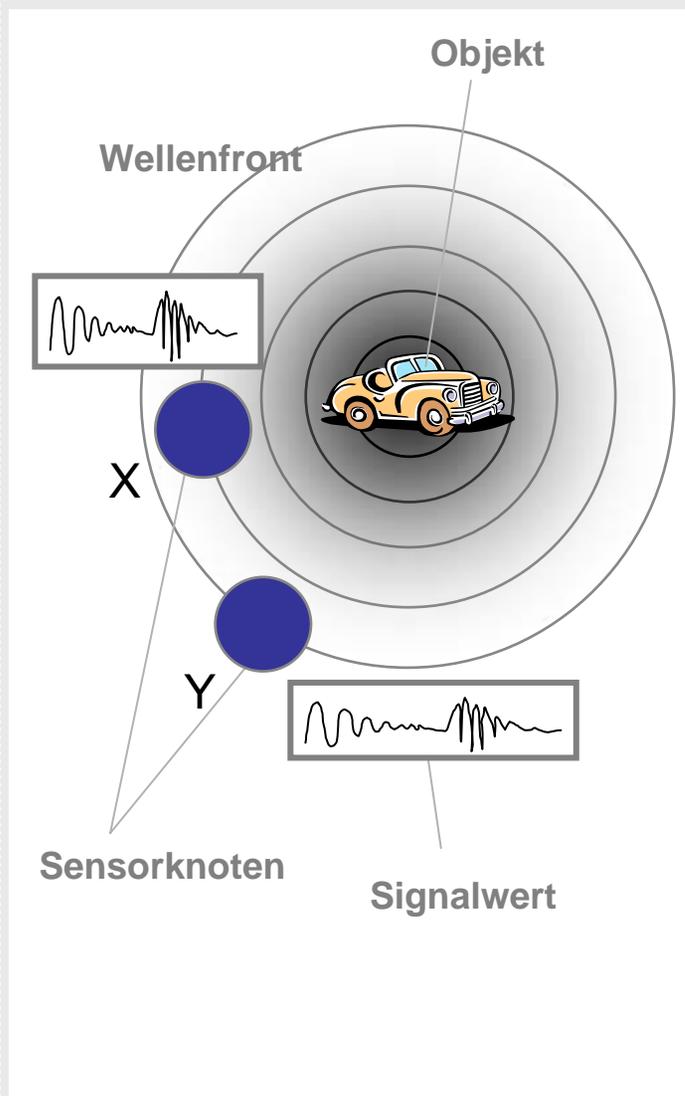
Grenzwert σ festlegen

Knoten ist **Kontur-Knoten**, wenn Sensorwert $> \sigma$ und mindestens einer seiner Nachbarn $< \sigma$

Weiche Kontur: Schneidet Kante nur einmal und jedes Dreieck genau zweimal



Distributed Compression



Ziel

Daten komprimieren, ohne Nachrichtenaustausch

Motivation

dichtes Sensornetz

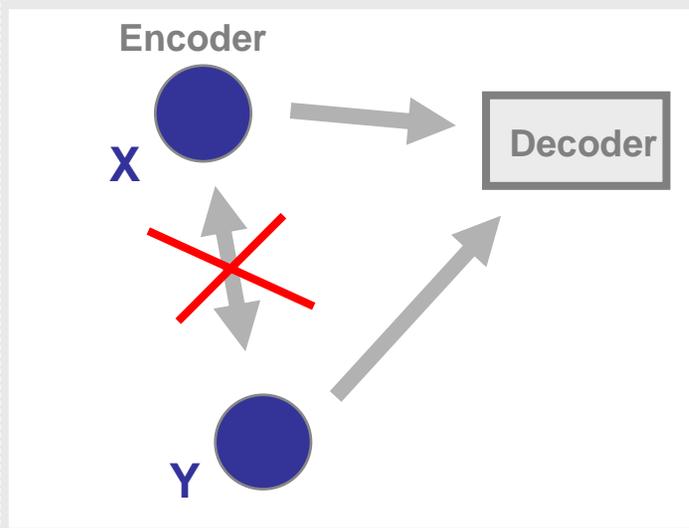
hohe Redundanz in den Daten

stark korreliert, aber räumlich verteilt

komprimierte Nachrichten → kleinerer
Datentransfer → Energie sparen



Distributed Compression (II)



Idee

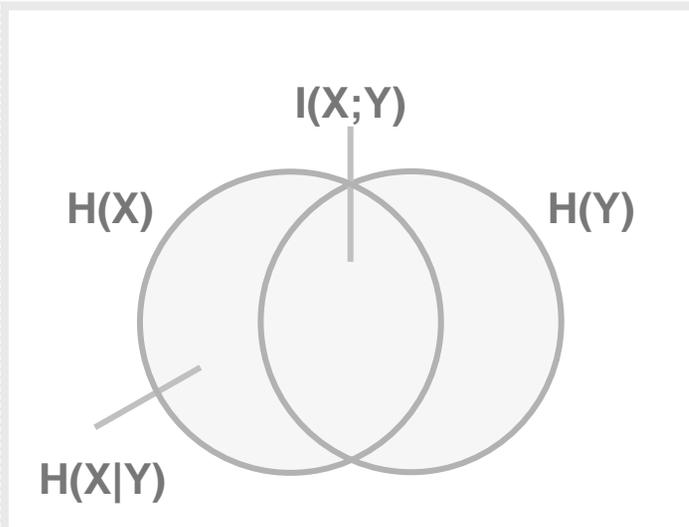
Angenommen: X, Y korreliert

Y verfügbar beim Decoder, **nicht beim Encoder**

Wie kann nun X nahe zu $H(X|Y)$ komprimiert werden?

Schlüsselidee: $I(X;Y)$ abziehen (bzw. $P(X,Y)$)

$$H(X|Y) = H(X) - I(X;Y)$$



Slepian-Wolf, Wyner-Ziv (ca. 1970)



Distributed Compression (III)

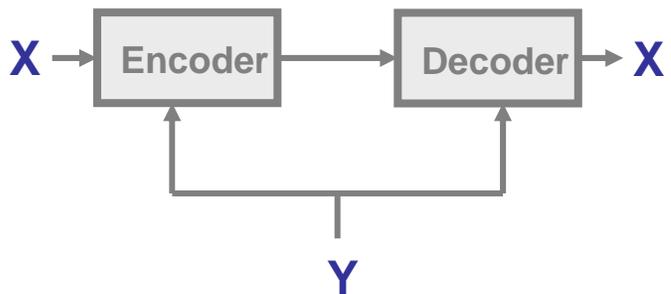
X ● 010

Y ● {010, 011, 000, 110}

Einfaches Beispiel

X und Y \rightarrow 3-Bit Binärzahl

Korrelation: Hamming-Distanz zwischen X und Y ist höchstens 1.



Falls Y dem Encoder bekannt ist

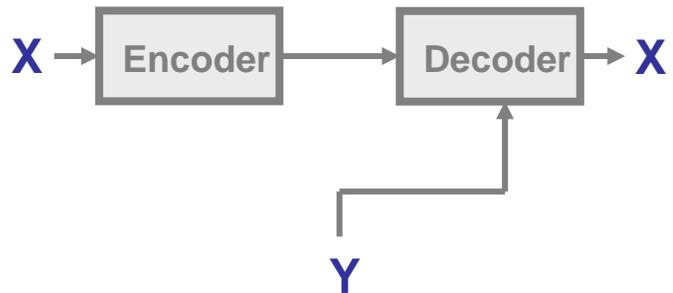
Dann ist es einfach:

$X+Y = \{000, 001, 010, 100\}$ (XOR)

Wir brauchen nur 2 Bits dafür (Index).



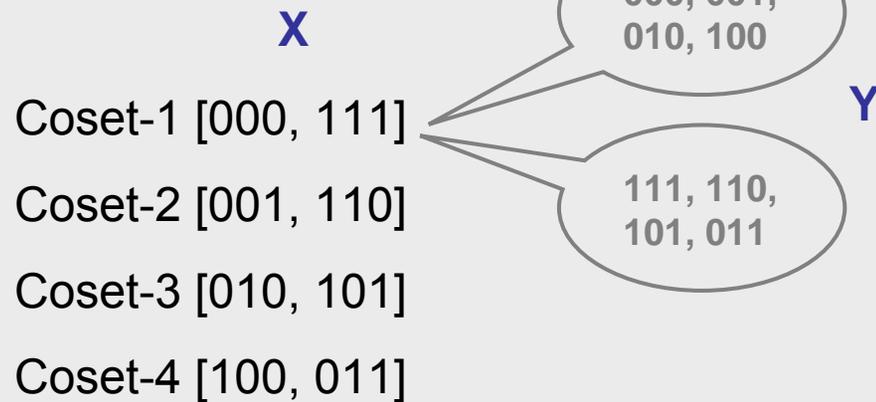
Distributed Compression (IV)



Falls Y dem Encoder **nicht** bekannt ist

Dann kommt man trotzdem mit nur 2 Bits aus!

Wie?

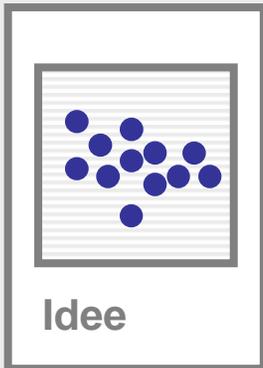


Geht auch für nicht-diskrete und nicht-kontinuierliche Quellen (\rightarrow DISCUS, University of California, Berkeley)

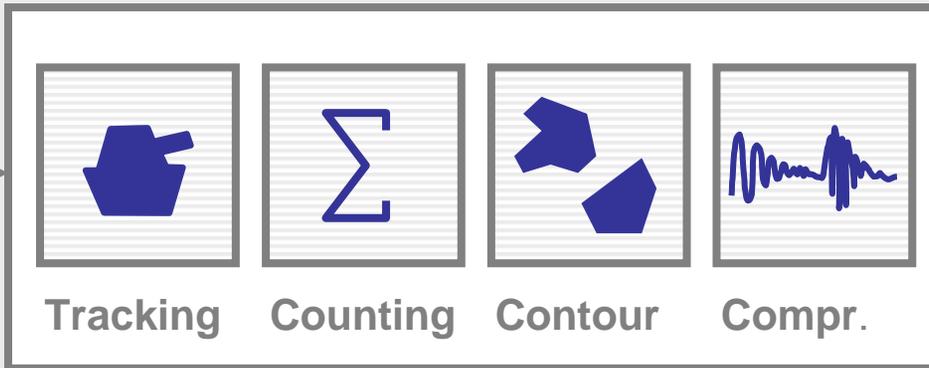


Collaborative Signal and Information Processing (CSIP)

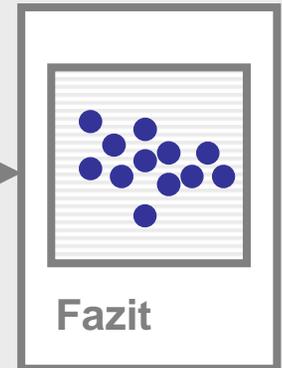
Einführung



Beispiele



Schluss





CSIP

junges Forschungsgebiet

aber **stark aufkommend**, wird momentan intensiv erforscht

schon etwas länger: Signal- und Informationsverarbeitung → also „**Sensemaking**“ aus Rohdaten

mit Sensornetzen kommen die Energieknappheit und das Skalierungsproblem hinzu → deshalb in Zukunft auch starker Fokus auf **verteilte Algorithmen**, etc.

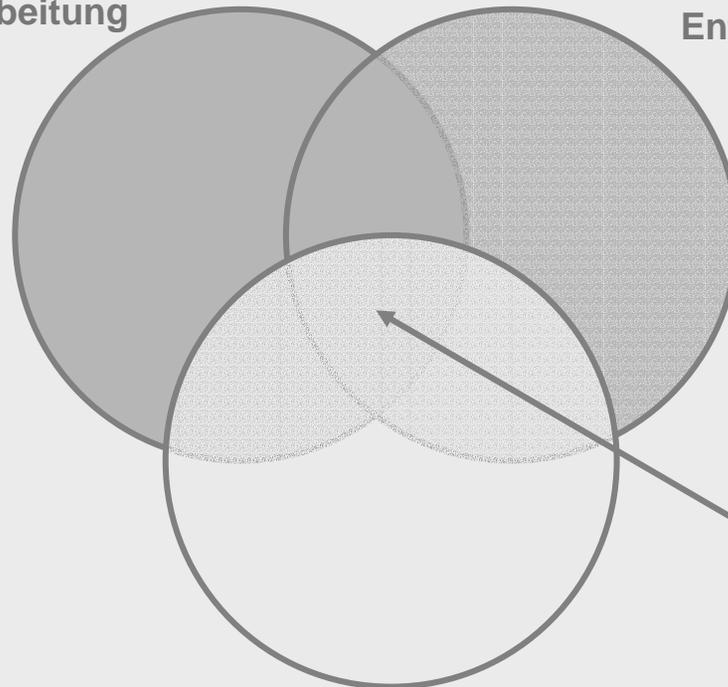
kaum „harte“ Zahlen und Komplexitäten (Nachrichten, Zeit)

Begründung für die Wahl des Algorithmus fehlt oft

Interdisziplinär

Raum-Zeit-
Signalverarbeitung

Sensor Fusion &
Entscheidungstheorie



Verteilte
Algorithmen

+ Adaptive Systeme
+ Informationstheorie + ...
= CSIP



Gemeinsamkeiten ?

Gemeinsamkeiten der Beispiele?

in allen Papers erscheinen immer wieder dieselben Beispiele
(spez. Target Detection & Tracking)

Forschungsgebiet im engeren Sinne (CSIP) definiert sich stark
über diese Beispiele

Deshalb die Frage nach den Gemeinsamkeiten



Gemeinsamkeiten ?

Gemeinsamkeiten (Versuch)

mehr „interne“ Kommunikation, weniger „externe“

Gruppenbildung

Auswählen der relevanten Knoten (für die aktuelle Anfrage)

auch allen gemeinsam: riesige Informationsmenge verarbeiten und umwandeln, um eine höherwertige Antwort zu liefern

hat also stark mit **Signal- und Informationsverarbeitung** zu tun
(Bsp: Kompression)

Anzahl Nachrichten sparen und Nachrichtengröße minimieren

Schlussbetrachtung

Sehr interessantes Forschungsgebiet

Gesamtes (geordnetes) Wissen aus verteilten Algorithmen und Grundlagen des verteilten Rechnens muss noch übertragen werden

Viel zu tun, grosse Herausforderung für Informatiker aus dem Gebiet der verteilten Algorithmen, etc.