

Kommunikation in Sensornetzen

SMACS und EAR

Ähnlich wie bei S- und T-MAC werden bei SMACS (Stationary MAC and Startup procedure) Cluster gebildet. Die Rahmenzeiten der Mitglieder eines Clusters beginnen zum gleichen Zeitpunkt. Die Rahmenzeit ist in kleinere Timeslots unterteilt.

Die Knoten in einer 1-Hop Umgebung lernen sich während der Initialisierung kennen und vereinbaren (für jedes Paar aus 2 Knoten) auch 2 Timeslots, je einen für eine Kommunikationsrichtung. Ziel der Vergabe von Timeslots an Knotenpaare ist die kollisionsfreie Allokation der möglichen Sendezeit.

Problem: Würde ein Knoten für die Kommunikation mit seinen Nachbarn viele Timeslots belegen, so blieben für die Kommunikation zwischen den anderen Knoten kaum welche übrig. Bei n Knoten ergeben sich insgesamt $n \times (n-1)$ gerichtete Verbindungen.

Lösung bei SMACS: Es wird angenommen, dass Knoten viele Kanäle zur Verfügung haben. Jedes Knotenpaar sucht sich passend zu einem Timeslot auch eine Frequenz aus, die zu diesem Zeitpunkt unbesetzt ist. Dadurch können Slots durch andere Teilnehmer, jedoch auf anderen Frequenzen mitbenutzt werden.

SMACS und
EAR

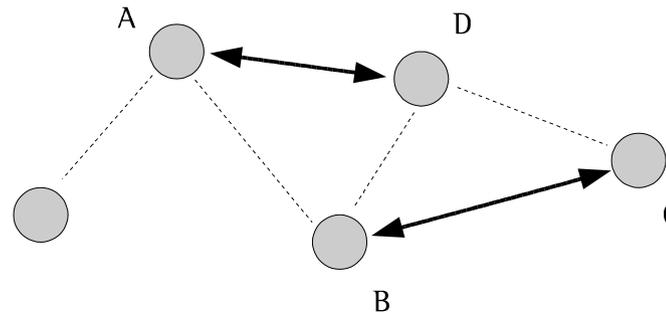
Geographic
Hash Tables

Geocast

Kommunikation in Sensornetzen

SMACS und EAR

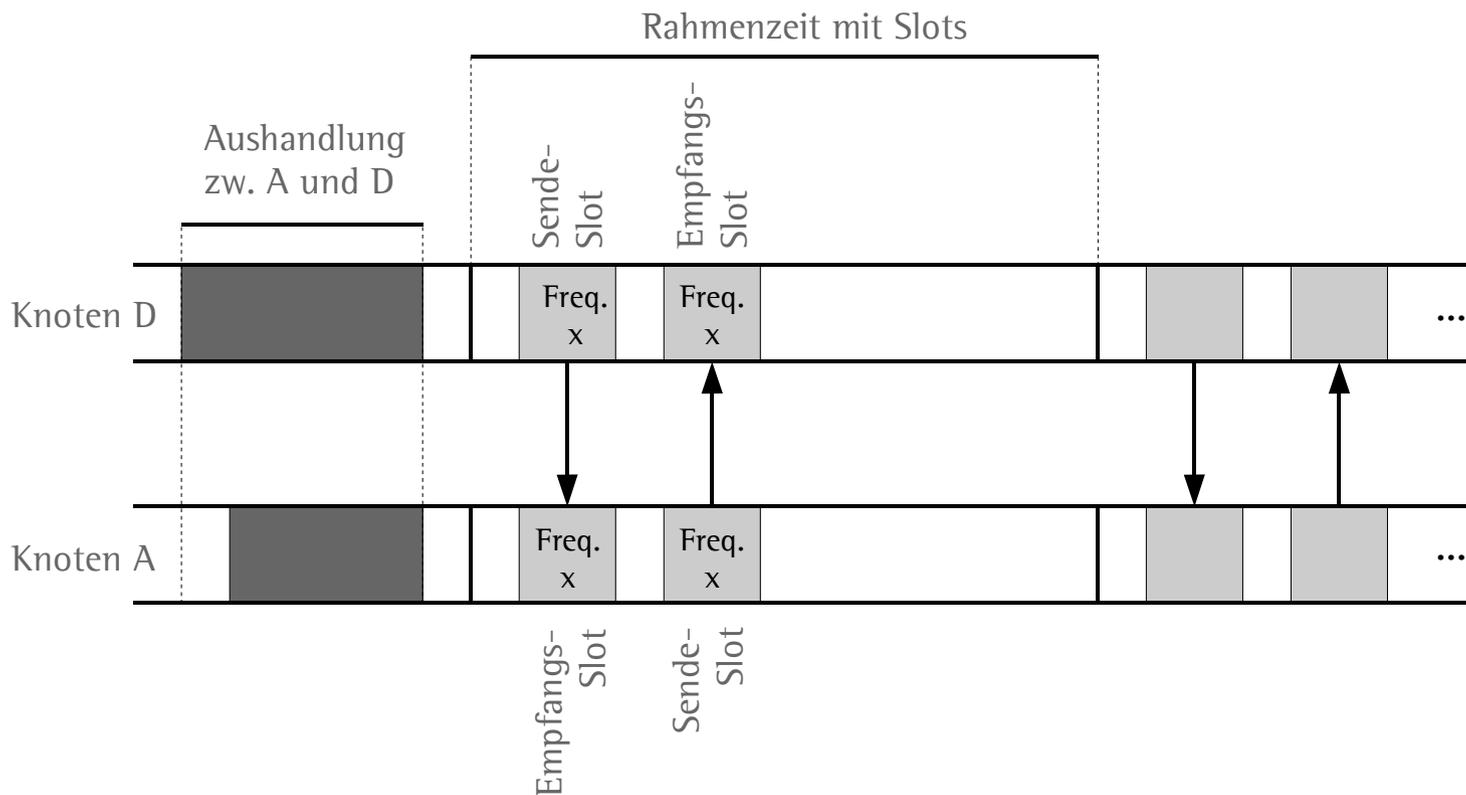
Alle Knoten innerhalb einer gemeinsamen Sendereichweite bilden Kommunikationspaare und einigen sich paarweise auf eine gemeinsame Frequenz. Der Sende-Slot des einen Knoten ist der Empfangs-Slot des jeweils anderen.



SMACS und EAR

Geographic Hash Tables

Geocast



Kommunikation in Sensornetzen

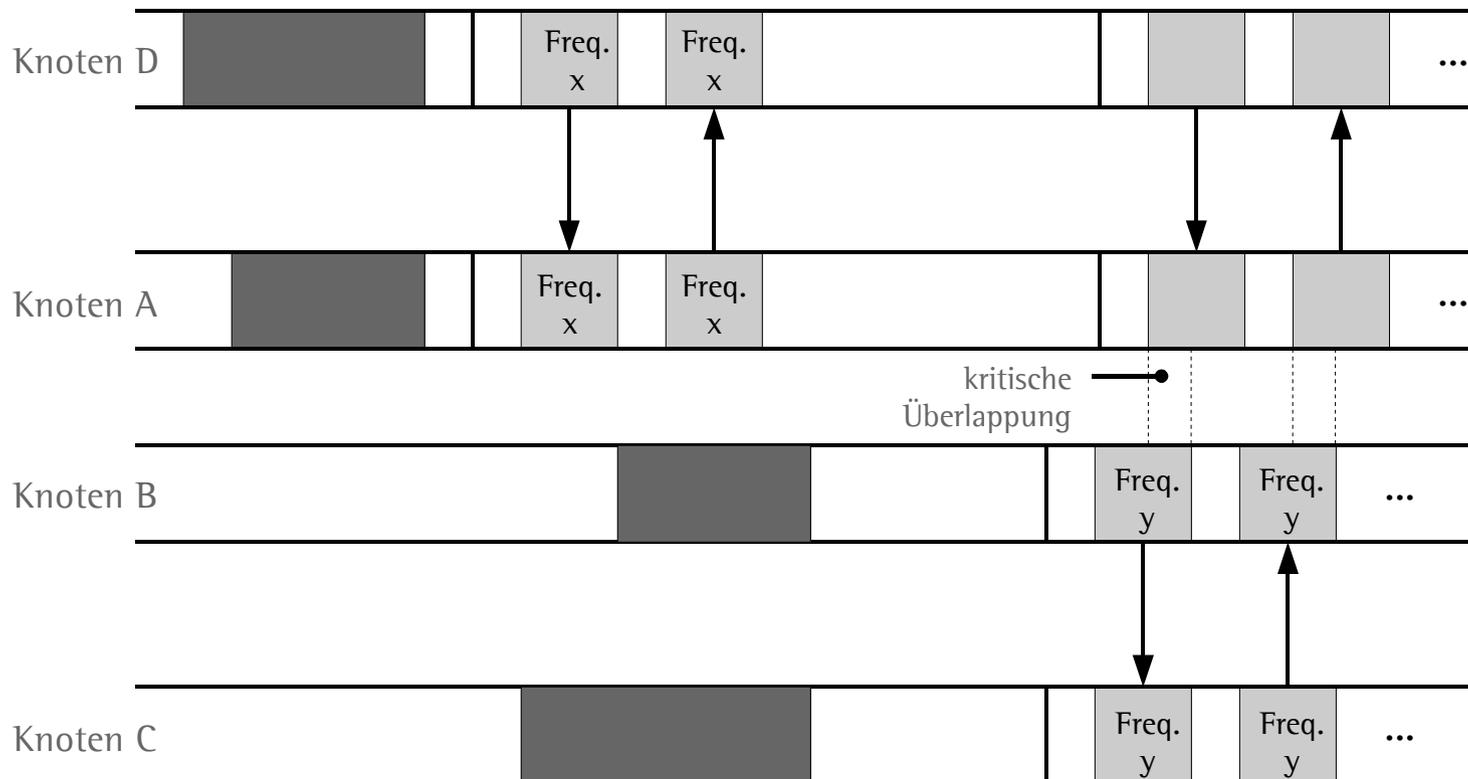
SMACS und EAR

Aufgrund der zeitlichen Überlappung zwischen zwei Clustern ist es nötig paarweise unterschiedliche Frequenzbänder zu wählen.

SMACS und EAR

Geographic Hash Tables

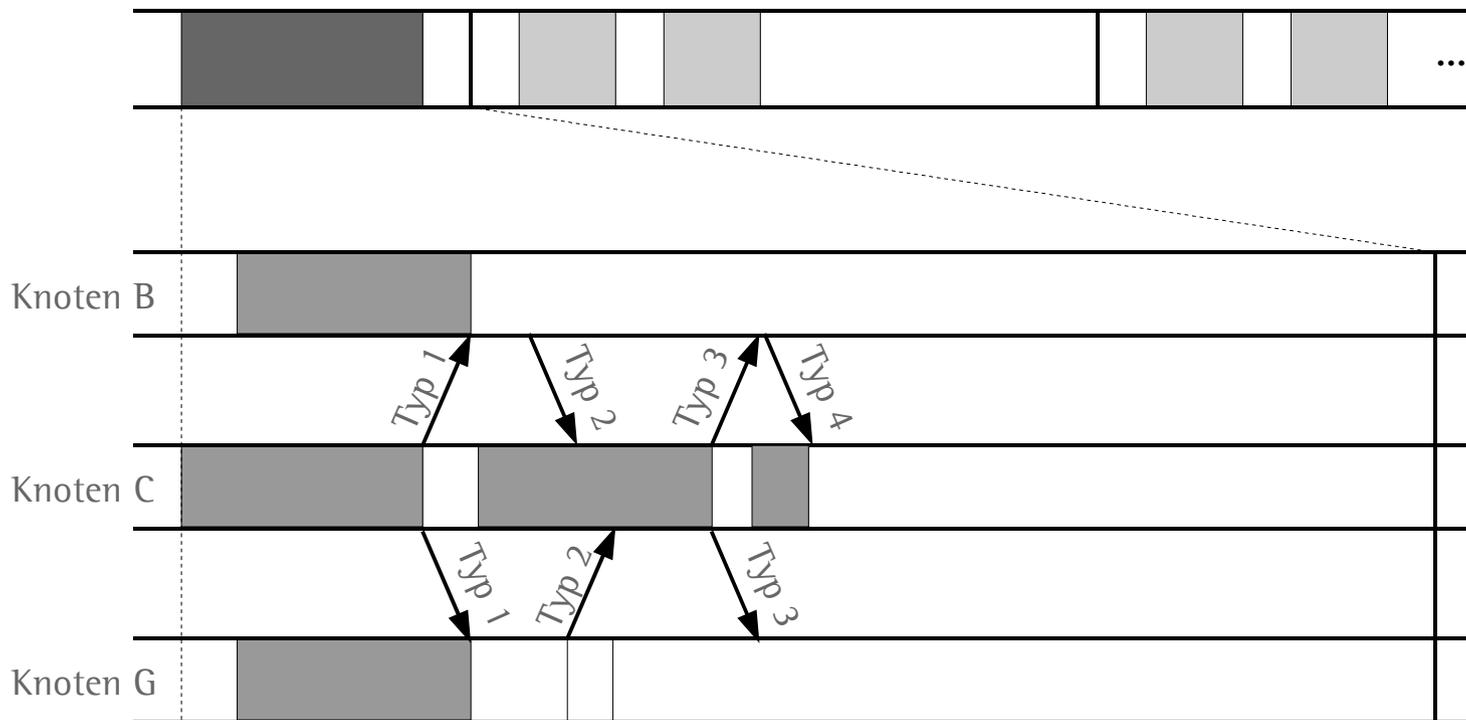
Geocast



Kommunikation in Sensornetzen

SMACS und EAR

Aushandlung von Slots und Frequenzen zwischen drei beteiligten Knoten B, C und G. B und C bauen dabei eine Verbindung auf, G verliert die Aushandlung und muss danach auf weitere Einladungen warten oder selbst eine initiieren.



SMACS und
EAR

Geographic
Hash Tables

Geocast

Kommunikation in Sensornetzen

SMACS und EAR

Initialisierung von SMACS

Typ 1 Nachrichten: Knoten B, C und G warten darauf in eine Gruppe eingeladen zu werden. Der Wartetimer von Knoten C läuft im Beispiel zuvor zuerst ab. C schickt daraufhin eine Nachricht vom Typ 1 als Einladung an andere Knoten. Die Einladung enthält die eigene ID und die Anzahl der Stationen die C bekannt sind.

Typ 2 Nachrichten: Knoten G und B erhalten die Nachricht. Nach einer zufälligen Zeit senden sie eine Antwort vom Typ 2, in der sie ihre eigene ID und Anzahl verbundener Knoten mitteilen.

Typ 3 Nachrichten: Irgendwann hat C lange genug auf Antworten auf seine Einladung gewartet und sucht sich einen Knoten aus, z. B. den mit einer guten Sendestärke oder mit den meisten Verbindungen und sendet eine Nachricht vom Typ 3. Darin teilt er mit wann seine nächste Rahmenzeit beginnt und mit welchen anderen Stationen er in welchen Zeitslots verbunden ist. Im Beispiel erhält Knoten B die entsprechende Typ 3 Nachricht. Knoten G schließt aus dem Empfang der gleich Nachricht, dass er nicht gewählt wurde und startet nach einer Pause eine weitere Wartezeit mit einer möglicherweise angeschlossenen Eigeninitiative, so wie zu Beginn. Knoten B wählt den Start seiner eigenen Rahmenzeit so wie C, wenn bisher noch keine Rahmenzeit festgelegt wurde. Die Rahmen von B und C sind ab nun synchron.

Bemerkung: Die Autoren gehen nicht darauf ein wie die Rahmen synchron bleiben, obwohl dies insbesondere für die Zeitslots essenziell ist.

SMACS und
EAR

Geographic
Hash Tables

Geocast

Kommunikation in Sensornetzen

SMACS und EAR

Initialisierung von SMACS

Typ 4 Nachrichten: Knoten B sucht nun einen gemeinsamen Zeitslot im eigenen Ablaufplan und dem, der gerade von C mit der Typ 3 Nachricht verschickt wurde. Knoten B verschickt den ausgewählten Slot inkl. einer zufällig gewählten, jedoch aus Sicht beider Knoten unbenutzten Frequenz an C. Damit ist die Verbindung etabliert.

Sonderfälle: Ist der eingeladene noch mit keinem Knoten verbunden, so wird dies mit der Typ 2 Nachricht bereits deutlich und Knoten C wählt gleich einen Slot für B aus.

SMACS und
EAR

Geographic
Hash Tables

Geocast

Kommunikation in Sensornetzen

SMACS und EAR

Initialisierung von EAR

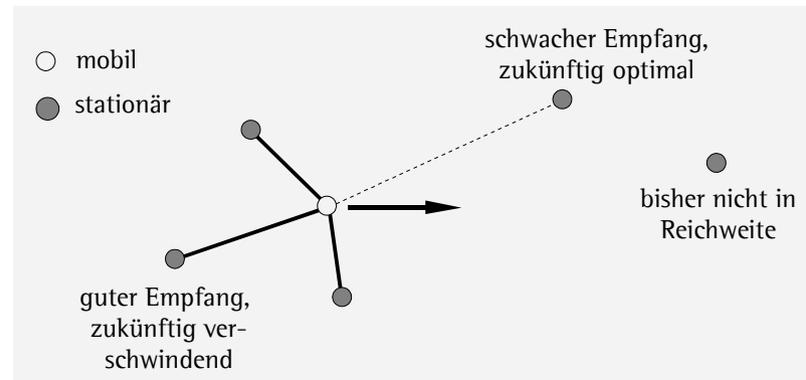
EAR (Eavesdrop*-And-Register) ist eine Erweiterung von SMACS für mobile Knoten.

Nach der Initialisierung der stationären Knoten senden diese in seltenen Abständen eine Einladung vom Typ **Broadcast Invite**, die sich an evtl. vorhandene mobile Knoten richtet. Die mobilen Knoten hören diese eine Zeit lang ab und sammeln somit erst potenzielle Partnerknoten in einer Liste. Dabei kann bei jeder bekannten Station die Qualität der Verbindung notiert und diese, während sich der mobile Knoten bewegt, fortgeschrieben werden.

Da mobile Knoten nur kurzfristig präsent sind, soll die Initiative dem Netzwerk beizutreten von ihnen ausgehen. Möchte ein solcher Knoten beitreten, so sendet er ein **Mobile Invite** an die stationäre Station seiner Wahl. Nach einer Bestätigung durch die stationäre Station vom Typ **Mobile Response** ist die Verbindung hergestellt.

Droht die mobile Station sich zu weit zu entfernen und wird das Signal eines anderen stationären Knoten besser, so verabschiedet sich der mobile Knoten mit einem **Mobile Disconnect** und verbindet sich erneut. Geht diese Nachricht verloren, so kann eine stationäre Station eine mobile auch nach einem längeren Timeout aus der Liste streichen.

*(eavesdrop = abhören)



SMACS und EAR

Geographic Hash Tables

Geocast

Kommunikation in Sensornetzen

Geographic Hash Tables

Prinzip: Im Sensornetz erhobene Daten werden (eine Zeit lang) in den Knoten selbst vorgehalten. Erst eine explizite Anfrage liefert Informationen. Andernfalls entsteht überhaupt kein Aufwand für die Übertragung. Der Schlüssel zu den Informationen ist eine globale Koordinate. Die Knoten selbst werden nicht (persönlich) adressiert. Das Sensornetz enthält also nur Informationen der Form:

Weltkoordinate 1: Datum 1, Datum 2, ...

...

Weltkoordinate n: Datum m-1, Datum m, ...

Folge: (Viele) Informationen können mit einem Ort assoziiert werden.

Möglicherweise befindet sich genau an einem Ort nicht immer ein (evtl. mobiler) Knoten. Oder: Knoten könnten ihre Plätze tauschen. Was geschieht dann mit den ortsgebundenen Informationen?

Sind Informationen verloren, wenn Knoten an einem Ort ausfallen?

Wie gelangt eine Anfrage an das Netz an einen bestimmten Ort?

Weiterhin: Die Knoten (Router) sollte möglichst keine Statusinformation speichern müssen.

Informationen können mit Put(Koordinate, Datum) im Netz gespeichert werden und mit Datum = Get (Koordinate) angefragt werden. Hierzu muss die Anfrage zuerst an den richtigen Ort gelangen. Dies geschieht über zwei unterschiedliche Routing-Modi, den **Greedy Mode** und den **Perimeter Mode**.

SMACS und
EAR

Geographic
Hash Tables

Geocast

Kommunikation in Sensornetzen

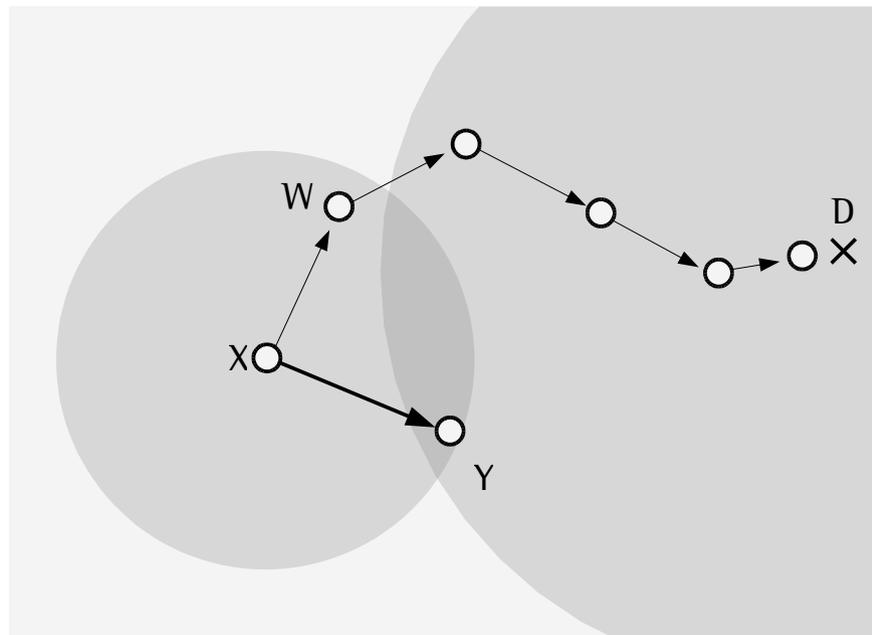
Geographic Hash Tables

Greedy Mode

Jeder Knoten kennt die Nachbarknoten innerhalb seiner Sendereichweite (d. h. kann sie auch hören) und deren Positionen. Greedy Forwarding bedeutet, dass ein Paket immer an den Nachbarn gesendet wird, der die kürzeste Entfernung zur Quelle hat.

In dicht besetzten Netzen führt dies meist auf einem guten Weg zum Ziel. In dünner besetzten Netzen, insbesondere wenn schon viele Knoten ausgefallen sind, kann der direkte Weg in eine Sackgasse führen. Im Beispiel wurde der Knoten Y in der Reichweite des Knoten X gewählt, weil dieser unter allen Nachbarn den kürzesten Abstand zum Ziel hat.

Der einzig mögliche Weg zum Ziel ist jedoch der Knoten W.



SMACS und
EAR

Geographic
Hash Tables

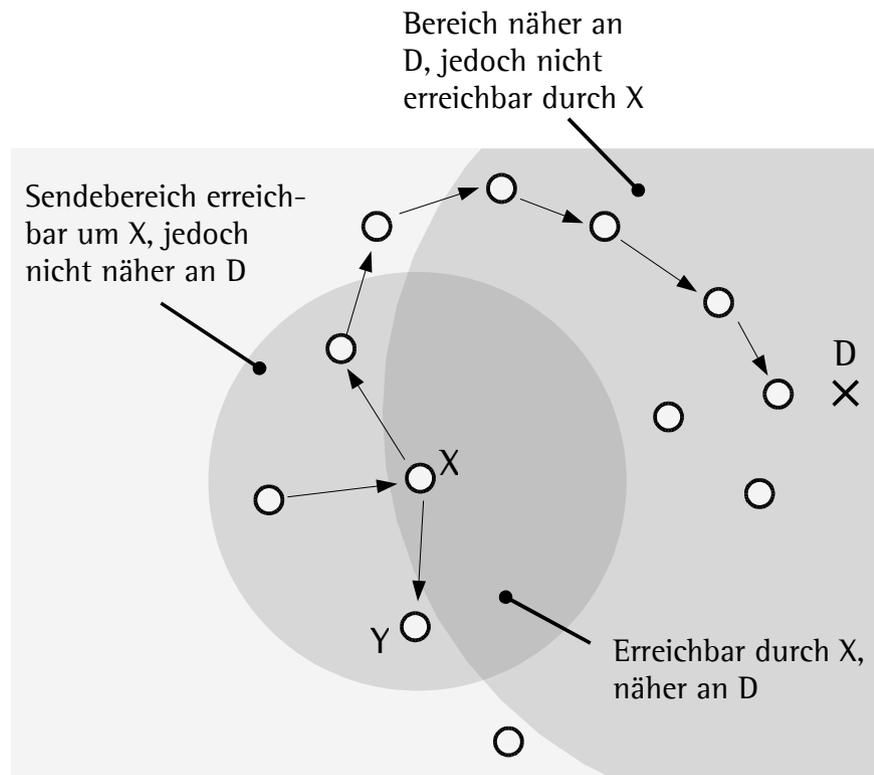
Geocast

Kommunikation in Sensornetzen

Geographic Hash Tables

Perimeter Mode

Wenn eine Weiterleitung an einen nächst besseren Knoten nicht möglich ist, wird in den sog. Perimeter-Mode umgestellt. Im Beispiel rechts tut dies der Knoten X. Er wechselt das Modus-Flag des Paketes von Greedy nach Perimeter und schreibt zusätzlich seine eigene Position in den Paket-Header. Dann wird das Paket (je nach Konvention) an den nächsten Nachbarn gegen den Uhrzeigersinn weitergeleitet (siehe nächste Folie). Sobald die Entfernung zum Ziel kleiner ist, als die Entfernung zwischen X und D, kann wieder in den Greedy-Modus zurück gewechselt werden. Warum?



Weil dann sicher ist, dass das Paket aufgrund der nun kürzeren Entfernung zu D nie mehr an X zurückgeleitet wird und so nicht Gefahr läuft in einen (verfrühten) Zyklus zu geraten. Bleibt das Paket jedoch im Perimeter-Modus, so wird in jedem Fall ein Zyklus entstehen. In diesem Fall kehrt es an den Knoten X zurück der bemerkt, dass er ein Paket im Perimeter-Modus erhält, welches laut Paket-Header auch seinen Ursprung in X genommen hat. Damit ist klar, dass es z. Z. nicht näher als zum Knoten X zustellbar ist.

SMACS und
EAR

Geographic
Hash Tables

Geocast

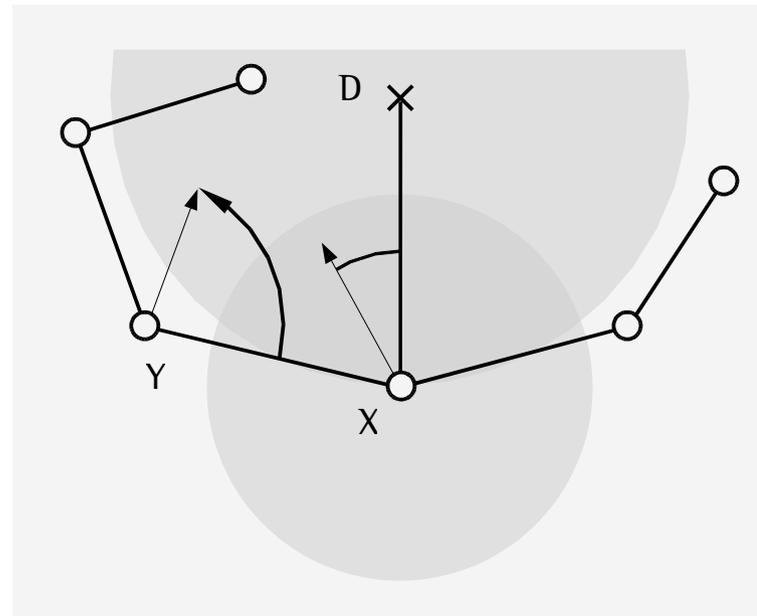
Kommunikation in Sensornetzen

Geographic Hash Tables

Perimeter Mode

Perimeter Start:

Erkennt ein Knoten, dass alle seine Nachbarn vom Ziel D weiter entfernt sind als er selbst, so versetzt er das Paket in den Perimeter Mode und speichert seine eigene Position im Header des Paketes. „Das Ziel im Blick“ (= der Vektor XD) wird nun z. B. gegen den Uhrzeigersinn ein Nachbarknoten gesucht. Sind mehrere Vorhanden, so wird derjenige gewählt, der einen möglichst geringen Winkel zum Vektor XD aufweist. Dabei sind auch Drehungen von mehr als 180 Grad möglich.



Reguläre Weiterleitung im Perimeter-Mode:

Ausgehend vom nun erreichten Vektor Y wird die Seite YX wieder gegen den Uhrzeigersinn gedreht, bis der nächste Knoten „getroffen“ wird. Ist ein Knoten in der 1-Hop Umgebung der näher an D ist als dies für X der Fall war, so kann das Paket wieder in den Greedy-Mode versetzt werden. Kehrt das Paket dagegen an den Knoten X zurück, so kann dieser anhand der im Paket-Header gespeicherten Position erkennen, dass er selbst das Paket in den Perimeter-Modus versetzt hat und schließt daraus, dass auch er selbst die kürzeste Entfernung zu D hat. Man beachte, dass hierzu keinerlei Statusinformation in den Knoten selbst vorgehalten werden muss.

Hinweis: Der Perimeter-Mode funktioniert nur in planaren Graphen.

SMACS und
EAR

Geographic
Hash Tables

Geocast

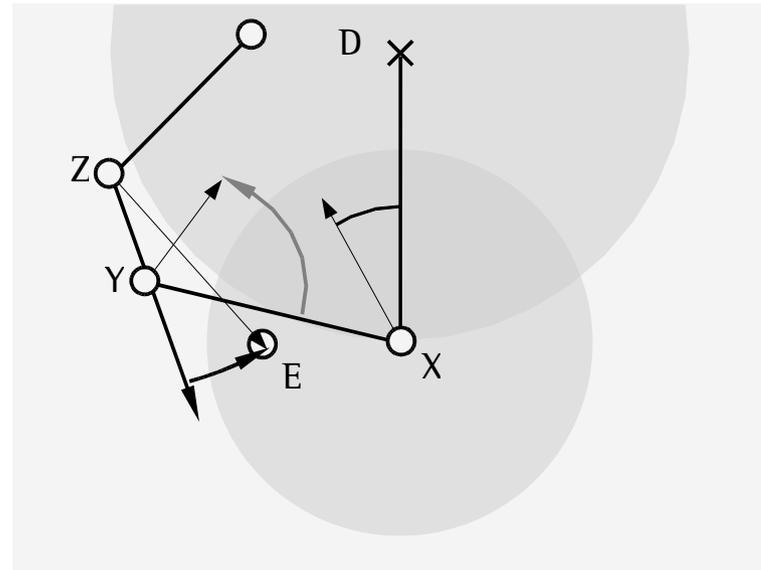
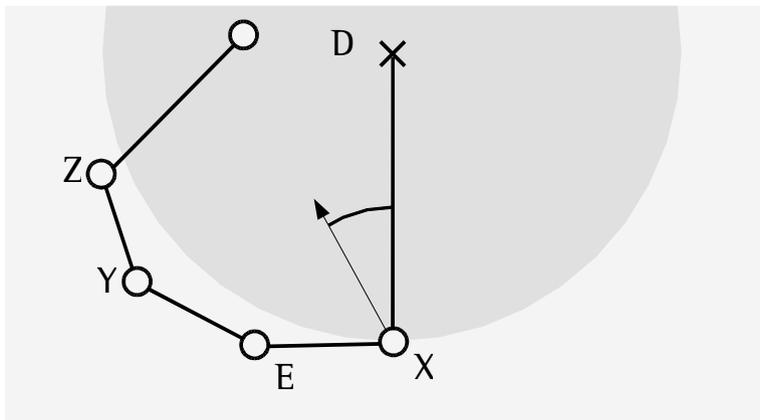
Kommunikation in Sensornetzen

Geographic Hash Tables

Perimeter Mode

Probleme mit nicht-planaren Graphen

In diesem Szenario ist noch ein Knoten E hinzu gekommen. Dies ändert den Weg des Paketes zwischen X und Y nicht. Auch die nächste Wahl des Knoten Z verläuft noch erwartungsgemäß. Dann jedoch wird nach dem normalen Algorithmus die Gerade durch Z und Y gegen den Uhrzeigersinn gedreht, wobei sie dieses Mal am Knoten E „hängen bleibt“ und dieser gewählt wird. Fährt man noch eine Iteration fort, so würde als nächstes wieder der Knoten Y gewählt werden und so ein Zyklus



Z -> E -> Y -> Z entstehen.

Folglich darf nicht jeder Knoten in der Nachbarschaft eines Knoten gewählt werden, der technische gesehen in Funkreichweite ist. Vielmehr muss der stark vermaschte Graph vor der Knotenwahl planarisiert werden. Im Beispiel links beschränken sich die Knoten auf einen weniger eng vermaschten Graphen und erreichen damit ein zyklensfreies Routing.

SMACS und
EAR

Geographic
Hash Tables

Geocast

Kommunikation in Sensornetzen

Geographic Hash Tables

Perimeter Mode

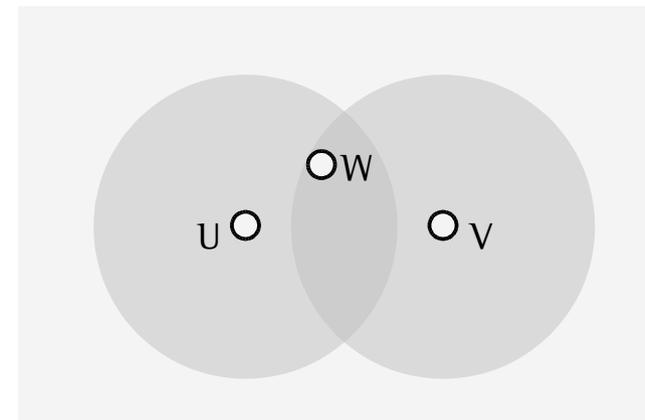
Probleme mit nicht-planaren Graphen

Für alle Verbindungen zwischen zwei Knoten U, V muss der folgende Sachverhalt geprüft werden:

Man berechne die Entfernung zwischen U und V und iteriere dann über die restlichen Knoten. Für jeden anderen Knoten muss gelten, dass entweder die Verbindung zu U oder zu V größer sein muss, als die Entfernung zwischen den betrachteten Knoten U und V. Formal läßt sich der Sachverhalt wie folgt ausdrücken:

$$\forall w \neq u, v : d(u, v) \leq \max[d(u, w), d(v, w)]$$

Man kann sich auch zwei Kreise um U und V vorstellen, deren Radius so groß gewählt wurde wie die Entfernung der beiden Knoten voneinander. In der Schnittmenge der beiden Kreise darf sich kein weiterer Knoten W befinden. Tut er es doch, so könnte man die Verbindung im Sinne des Graphen zwischen U und V auch durch Umweg über W erreichen. Intuitiv kann man sich vorstellen, dass die Wahl des jeweils kürzesten Wegs zum nächsten Knoten einen kreuzungsfreien Graphen erzeugt.



SMACS und
EAR

Geographic
Hash Tables

Geocast

Kommunikation in Sensornetzen

Geographic Hash Tables

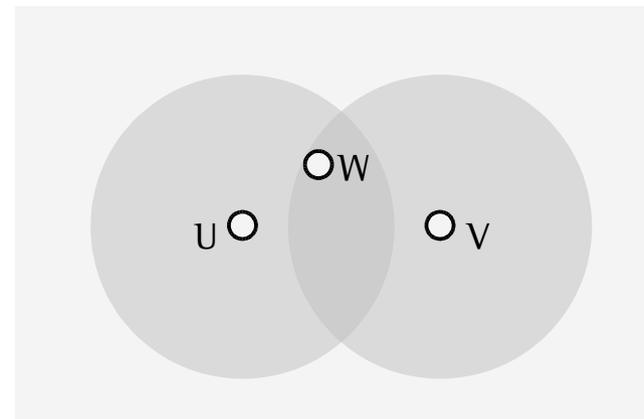
Perimeter Mode

Probleme mit nicht-planaren Graphen

Jeder Knoten U kann lokal Prüfen, welche Kanten im Teilgraphen enthalten sein dürfen, welcher ihm selbst bekannt ist und welche eliminiert werden müssen:

Aus Sicht eines Knoten U muss also folgende Prüfung ablaufen:

```
for all V
  for all W
    if (W != V) and
       $d(U,V) > \max [d(U,W), d(V,W)]$  then remove_edge(u,v)
    endif
  endfor
endfor
```



SMACS und
EAR

Geographic
Hash Tables

Geocast

Kommunikation in Sensornetzen

Geographic Hash Tables

Das bisherige Verfahren kann dazu verwendet werden Pakete an ein geographisches Ziel zu Routen bzw. an den Knoten der diesem Ziel möglichst nahe kommt und wurde bereits zuvor als GPSR (**G**reedy **P**erimeter **S**tateless **R**outing in **W**ireless **N**etworks) veröffentlicht. Es folgt die Erweiterung zu Geographic Hash Tables, die besonders den Perimeter-Modus zum Speichern von Informationen nutzt.

Bei GHT sollen Daten mit einer geographischen Position assoziiert werden. Es ist jedoch nicht zu erwarten, dass ein Paket mit dem Wertepaar (Position, Information) oder eine Anfrage mit nur einer Position an der entsprechenden Position tatsächlich einen Knoten vorfindet. Daher wird das Paket am Ende immer in den Perimeter-Mode wechseln, das Ziel einmal umkreisen und zum Knoten zurück kehren, der dem Ziel am nächsten ist.

Die Idee der GHT ist, die Information zur Position in allen Knoten zu speichern, die auf dem Perimeter um die Position liegen – in den sogenannten **Replika-Knoten**. Fällt ein Knoten aus oder sind Knoten sogar mobil, ist schnell ein Knoten in der Gruppe der Replica-Knoten gefunden, der die Verantwortung für die Information übernimmt.

Zunächst fühlt sich der Knoten für eine Information verantwortlich, dessen entsprechendes Paket er selbst in den Perimeter-Modus geschickt hat und es dann ein zweites mal erhielt. Dieser Knoten wird als **Heimat-Knoten** bezeichnet. Er übernimmt auch die Verantwortung für weitere Informationen, die später mit der gleichen Position assoziiert werden sollen und beantwortet Anfragen, die sich auf die Position beziehen.

SMACS und
EAR

Geographic
Hash Tables

Geocast

Kommunikation in Sensornetzen

Geographic Hash Tables

Perimeter Refresh Protokoll

Von Zeit zu Zeit schickt der Heimatknoten die Information zu einer Position im Perimeter-Modus um den Ort der Position herum. Dabei können die Replika-Knoten ihrer Datenbank um zur Position gehörende neue Informationen erweitern.

Wechsel des Heimatknoten: Ein bisheriger Replika-Knoten erhält ein Paket und erkennt, dass er selbst (mittlerweile) näher am Ziel ist als der initiiierende Heimatknoten (dessen Position steht im Paket-Header). Er entschließt sich selbst zum (besseren) Heimatknoten zu werden und schreibt seine eigene Position in den Header. Dies kann er ursprüngliche Heimatknoten beim Erhalt des Paketes erkennen und definiert sich daraufhin nur noch als Replika-Knoten.

Der Heimatknoten fällt aus: Jeder Replika-Knoten schreibt für jede Position in seiner Hash-Tabelle einen Timer fort. Ist längere Zeit kein Refresh für eine Position eingetroffen, so ist der Heimatknoten außerhalb der Sendereichweite oder ausgefallen. Der Replika-Knoten, dessen Timer zuerst abläuft verschickt die Information mit seiner eigenen Position im Header auf den Perimeter-Pfad. Dies bedeutet jedoch nicht unbedingt, dass er auch Heimatknoten wird, denn ein anderen Replika-Knoten könnte näher an der Position (der Information) sein und das Paket durch Eintrag seines Ortes übernehmen.

SMACS und
EAR

Geographic
Hash Tables

Geocast

Kommunikation in Sensornetzen

Geographic Hash Tables

Perimeter Refresh Modus

GHT kennt drei Sorten von Timern:

Refresh Timer T_r :

Jeder Heimatknoten hat einen Refresh Timer T_r . Ist dieser abgelaufen, so werden die mit einem Ort assoziierten Informationen im Perimeter Modus einmal um den Ort geschickt. Enthält die Nachricht neue Daten zum Ort, so werden diese in den Knoten aufgenommen, haben die Knoten neue Daten, so werden sie dem Paket vor der Weiterreise mitgegeben. Auch wird beim Erhalt einer solchen Nachricht der T_r zurück gesetzt. Neue Knoten werden gewissermaßen en passant mit Orts-Informationen versorgt.

Takeover Timer T_t :

Der Takeover Timer befindet sich in Replika Knoten. Läuft er ab, so versucht der entsprechende Knoten der neue Heimatknoten zur assoziierten Information zu werden. Grundsätzlich gilt $T_t > T_r$.

Death Timer T_d :

Ein rel. zu den anderen Timern lang gewählter Timer T_d läuft in einem der Replica-Knoten ab, wenn er über längere Zeit weder sein eigenes Refresh noch das eines anderen Knoten gesehen hat (der wahre Grund für diesen Timer bleibt im Paper schwammig).

SMACS und
EAR

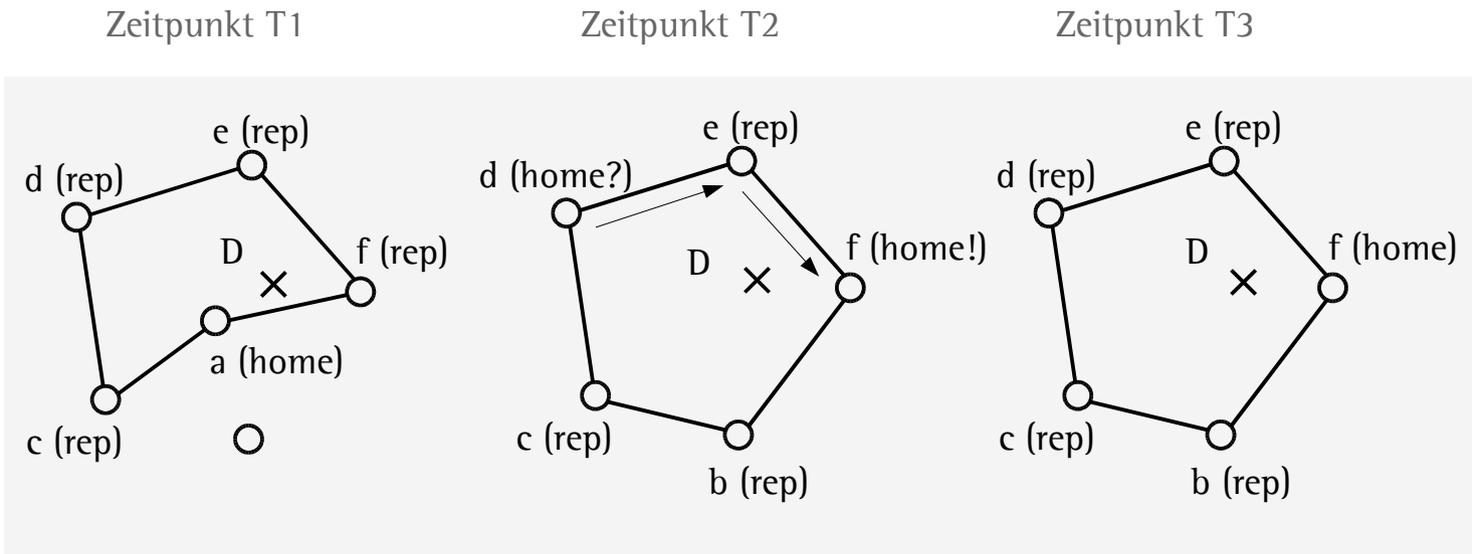
Geographic
Hash Tables

Geocast

Kommunikation in Sensornetzen

Geographic Hash Tables

Beispiel



Zum Zeitpunkt T1 ist a aufgrund seiner Nähe zu D der Heimatknoten. Dann fällt a aus und Knoten d versucht zunächst neuer Heimatknoten zu werden, da sein Takover Timer zuerst abgelaufen ist. In T2 ist das Paket bei f angekommen, wobei f seine Position aufgrund seiner kürzeren Distanz zu D in das Paket einträgt. Als später d das Paket erneut sieht, jedoch mit einer kürzeren Distanz zu D als d selbst, gibt er seinen Übernahmeversuch auf und leitet das Paket erneut weiter. Erst f erkennt aufgrund der Position, die er selbst in das Paket eingetragen hat, dass er neuer Heimatknoten werden darf.

SMACS und
EAR

Geographic
Hash Tables

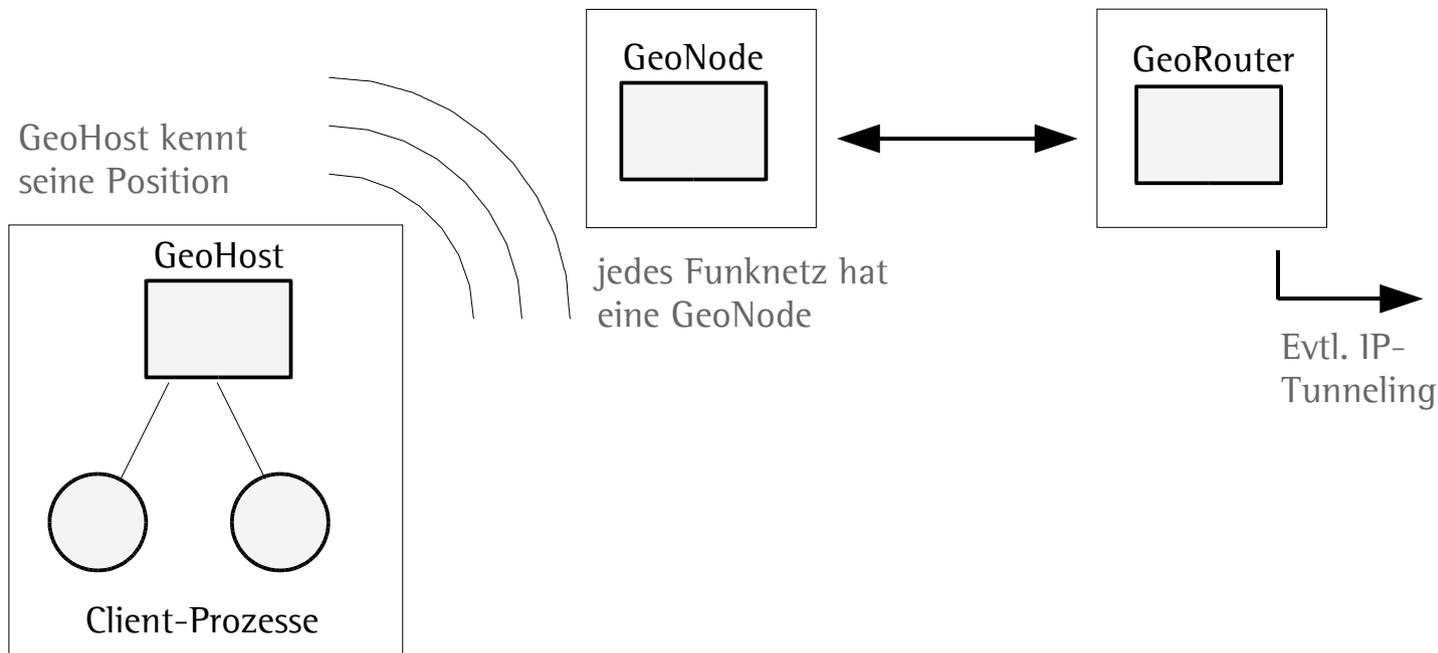
Geocast

Kommunikation in Sensornetzen

Geocast

Ein früher Vorschlag für IP-basierte mobile ad-hoc Netze, in dem (jedoch auf der Ebene der Anwendung) nach räumlichen (Welt-)Koordinaten geroutet werden soll, ist ein Vorschlag der unter dem Titel GeoCast bekannt wurde.

Prinzip: Ein Paket kennt seine Ziel-Region, die als Kreis oder beliebiges Polygon kodiert werden kann. Router routen ihre Pakete nicht nach IP-Adressen, sondern suchen jeweils den Router aus, dessen Gebiet sich mit dem Gebiet überschneidet, das durch das Paket adressiert wird.



SMACS und
EAR

Geographic
Hash Tables

Geocast

Kommunikation in Sensornetzen

Geocast

GeoHost

Stelle den Client-Prozessen eine Schnittstelle in der Art eines Proxies zur Verfügung. Der GeoHost kennt auch seine geographischen Koordinaten und er kennt seine zuständige GeoNode, die eindeutig sein muss.

GeoNode

Nimmt die Nachrichten Upstream entgegen und leitet sie an den nächsten GeoRouter weiter. Downstream werden Nachrichten gecached und wiederholt gesendet. Pro LAN bzw. Funknetz ist nur eine GeoNode zuständig.

GeoRouter

Der GeoRouter kennt das Polygon, für das er zuständig ist. Es besteht aus der Vereinigung der Polygone der darunter liegenden GeoNodes bzw. der anderen Router. Die Entscheidung, welcher Vater oder welches Kind eine Nachricht bekommt wird durch Schneiden des Zielpolygons im Paket und des Bereichspolygons eines anderen Routers (Kinder oder Vater in der Hierarchie) ermittelt. Die eigentlich Weiterleitung auf Netzwerkebene funktioniert über normales IP bzw. Tunneling. So müssen Router nicht verändert werden. Georouting läuft ausschließlich auf dem Applikationslevel ab.

SMACS und
EAR

Geographic
Hash Tables

Geocast

Kommunikation in Sensornetzen

Geocast

Vorgang des Versendens: Ein Client-Prozess fragt bei seinem GeoHost nach der IP-Adresse der zuständigen GeoNode, von der jeder Host max. eine haben darf. Im Paket wird die Ziel-Region als Polygon in Längen- und Breitengraden kodiert. Der Client schickt das Paket an die GeoNode und diese an ihren zuständigen GeoRouter.

Der GeoRouter untersucht, ob die Region eines seiner Kinder (-Router) mit der Zielregion im Paket überlappt. Das Paket wird an alle Router weitergeleitet, zwischen deren Gebieten und dem im Paket kodierten Gebiet wenigstens eine Teilüberlappung stattfindet.

Ist die im Paket kodierte Region nicht vollständig durch die Zuständigkeit des Routers bzw. die seiner Kinder abgedeckt, so muss das Paket außerdem an den übergeordneten Knoten weitergeleitet werden. Dieser verfährt entsprechend.

Da IP-Router bis heute kein GeoCast kennen, muss das Routing auf der Anwendungsebene zwischen Routern geschehen, die meist über ein gewöhnliches IP-basiertes Netz verbunden sind. Eine Routing-Entscheidung wird nur zwischen GeoCast Routern getroffen, dazwischen verhalten sich die Pakete wie normaler IP-Verkehr. Die Kommunikation zwischen speziellen Routern über ein konventionelles Netz wird hier und allgemein als Tunneln bezeichnet.

Besonderheit beim Routen: In gewöhnlichen Routern reicht eine Lookup-Tabelle aus, um zu ermitteln an welchen Nachbar-Router ein Paket mit einer bestimmten IP-Adresse gesendet werden muss. Dies kann z. B. per Hashing sehr schnell geschehen. Oft wird in diesem Zusammenhang die freie Berkeley DB (Schlüssel-Wertepaar-orientierte einfache Datenbank) eingesetzt.

Bei GeoGast muss dagegen für jedes Paket eine Region mit einer anderen geschnitten werden, was erheblich aufwändiger ist.

SMACS und
EAR

Geographic
Hash Tables

Geocast

Kommunikation in Sensornetzen

Geocast

Hauptunterschied in der Zustellung: Es wird nicht ein Endsystem, sondern abstrakter eine Region adressiert. In dieser können sich viele, wenige, oder zeitweise keine Knoten befinden. Insbesondere kann sich der Zustand bei mobilen Knoten jeden Moment ändern.

Es macht daher Sinn eine Nachricht für eine Ziel-Region und gleichzeitig für einen Zeitraum zu definieren. So können auch in die Region neu eintretende Knoten die Nachricht erhalten.

Dazu wird jede Nachricht in der GeoNode für eine vom Versender definierte Lebenszeit gecached. Von Zeit zu Zeit sendet die GeoNode eine Liste verfügbarer Nachrichten an eine allgemein bekannte Gruppen-Adresse, die jeder GeoHost empfangen kann. Der GeoHost kann mit dem Wissen seiner aktuellen Position entscheiden, ob die Client-Prozesse benachrichtigt werden. Ist ein Client-Prozess benachrichtigt und interessiert, so kann er der Multicast-Gruppe beitreten und wird mit der Nachricht versorgt. Die Rolle der Multicast-Gruppe wird im Paper nicht ganz klar. Offensichtlich können nicht nur einzelne Pakete vom Empfänger, sondern auch längere Streams empfangen werden – sonst würde der Gruppenbeitritt keinen Sinn machen.

Vorteil: Die Nachricht bekommt eine Lebenszeit, die nicht von der momentanen Population eines Gebietes mit Empfängern anhängig ist. Dieses Problem hat man bei der Ende-zu-Ende Adressierung eines bestimmten Knotens nicht. Im letzteren Fall soll die nicht-Zustellbarkeit dem Empfänger explizit signalisiert werden.

SMACS und
EAR

Geographic
Hash Tables

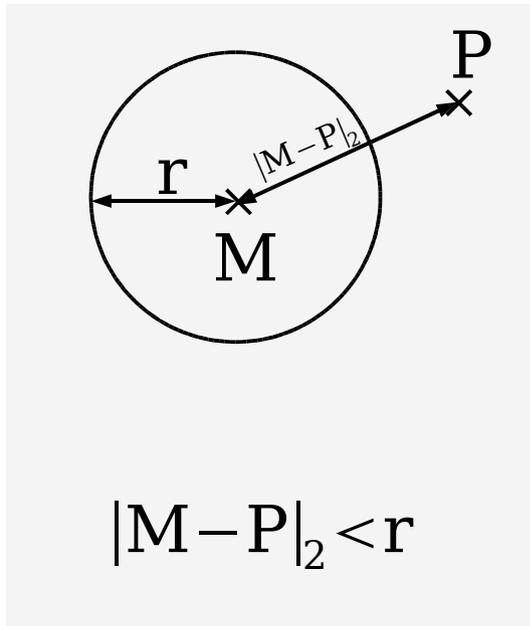
Geocast

Kommunikation in Sensornetzen

Geocast

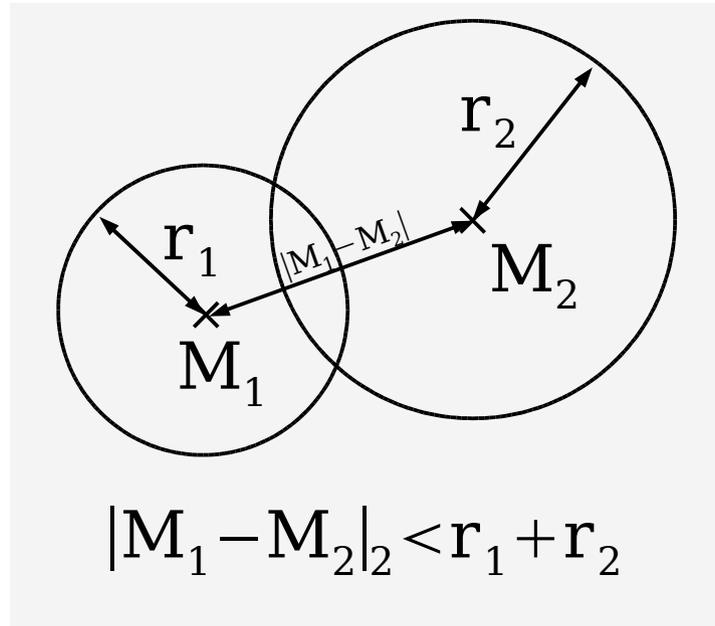
Schnittberechnungen Zielbereich mit Zuständigkeits-Domäne

Punkt - Kreis:



Dieser Test macht vor allem für den GeoHost Sinn um festzustellen, ob er in der Domäne einer GeoNode ist.

Kreis - Kreis:



Hier könnte der eine Kreis die Domäne einer GeoNode sein, der andere der Bereich, an den eine Nachricht adressiert ist.

SMACS und
EAR

Geographic
Hash Tables

Geocast

Kommunikation in Sensornetzen

Geocast

Schnittberechnungen Ziel mit Domäne

Polygon - Polygon:

(1) Schnitt jeder Linie von P mit jeder Linie von S

kein Schnitt?

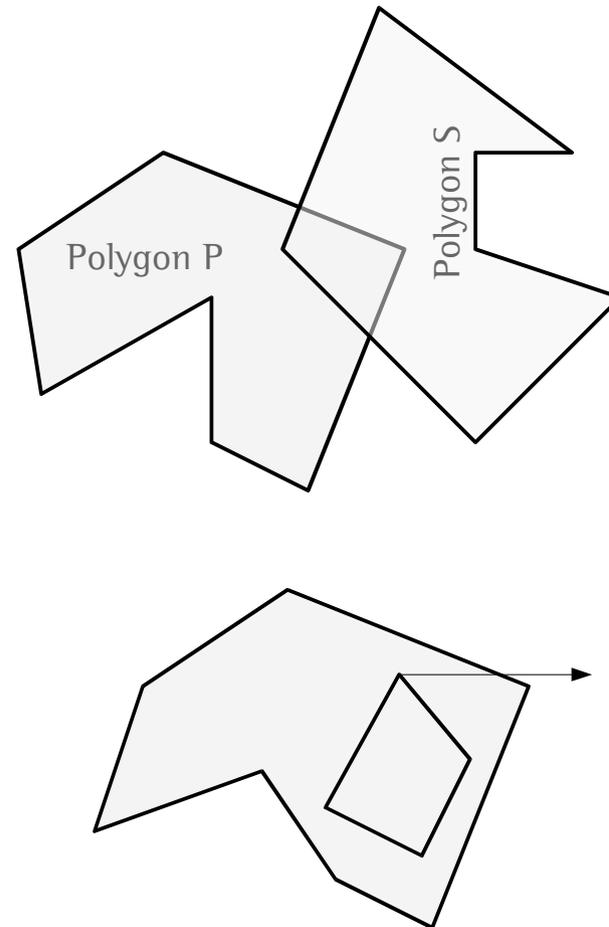
(2) Liegt ein Punkt von S in P? Hierzu kann z. B. die Anzahl der Schnitte einer horizontalen Scanline durch den Punkt mit P in eine Richtung berechnet werden. Bei einer ungeraden Anzahl liegt S in P, sonst außerhalb.

nein?

(3) Liegt ein Punkt von P in S

nein?

Dann schneiden sich die Polygone nicht. Leider erfordert dieser (häufige Fall) alle komplexen Tests. Bounding-Boxes können jedoch als Vortest verwendet werden.



SMACS und
EAR

Geographic
Hash Tables

Geocast

Kommunikation in Sensornetzen

Geocast

Schnittberechnungen Gerade - Gerade

(1) Gerade S in Parameterform:

$$\vec{x} = \vec{S}_1 + x \vec{s}$$

(2) Gerade P in Normalenform:

$$[\vec{x} - \vec{P}_1] \vec{n} = 0$$

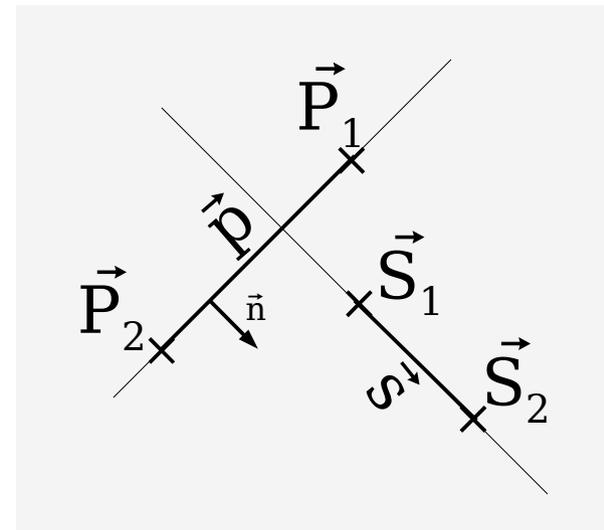
im Zweidimensionalen gilt glücklicherweise der einfache Sachverhalt:

$$\vec{n} = (-p.y, p.x)^T$$

(1) in (2)

$$[\vec{S}_1 + x \vec{s} - \vec{P}_1] \vec{n} = 0$$

$$\vec{S}_1 \vec{n} + x \vec{s} \vec{n} - \vec{P}_1 \vec{n} = 0$$



$$x = \frac{p.x(P_1.y - S_1.y) - p.y(P_1.x - S_1.x)}{-s.xp.y + s.y p.x}$$

Liegt x im Intervall [0;1]? Wenn ja, so muss der gleiche Schnitt mit der Geraden P in Parameterform durchgeführt werden.

SMACS und
EAR

Geographic
Hash Tables

Geocast