

Masterarbeit „Dezentrale Clustererkennung in unstrukturierten Netzwerken“

Die *Cluster-* oder *Community-*Struktur ist eine wichtige Struktureigenschaft von Netzwerken. Cluster sind Gruppen von Knoten, welche untereinander enger verbunden sind als mit dem Rest des Netzwerks. Abbildung 1 zeigt ein Netzwerk mit drei Clustern. Anhand der Cluster-Struktur können Netzwerke auf makroskopischer Ebene untersucht werden. Die Analyse dieser Topologieeigenschaft findet daher in vielen Bereichen und Disziplinen Anwendung, z.B. bei Protein-Netzwerken, Nahrungsnetzwerken oder sozialen Netzwerken.

In der Informatik spielt die Cluster-Struktur, insbesondere im Bereich unstrukturierter Overlay-Netzwerke, eine wichtige Rolle. Im Gegensatz zu strukturierten Netzwerken, wie beispielsweise Distributed Hash Tables, weisen unstrukturierte Netzwerke keine deterministische Struktur auf (Abbildung 2). Aus diesem Grund sind Operationen wie Suche, Informationsaggregation und Routing im Allgemeinen ineffizienter. Durch Ausnutzung des Wissens über die Cluster-Struktur können diese Operationen jedoch effizienter gestaltet werden.

Die Cluster in einem Netzwerk algorithmisch zu erkennen, ist eine nicht-triviale Aufgabe. Es existiert unterschiedliche Verfahren zur Cluster-Detektion [1][2], diese benötigen jedoch zumeist globales Wissen über das Netzwerk. Damit sind diese Verfahren in einem dezentralen Szenario (z.B. unstrukturierte Overlay-Netzwerke) nicht anwendbar.

In [3] wurde ein Verfahren zur dezentralen Detektion der Cluster-Struktur vorgeschlagen. Das Verfahren basiert auf der Idee, ein epidemisches Synchronisationsverfahren im Netzwerk ablaufen zu lassen. Jeder Knoten im Netzwerk simuliert dazu einen harmonischen Oszillator, mit zufälliger Startphase und Frequenz. Die Knoten im Netzwerk synchronisieren ihre Oszillatoren anschließend durch periodischen Nachrichtenaustausch zwischen zufällig gewählten Nachbarknoten. Auf diese Weise werden über die Zeit alle Oszillatoren synchronisiert, sodass schließlich alle Oszillatoren mit gleicher Frequenz und Phase schwingen. Durch die Beobachtung dieses Synchronisationsprozesses, und insbesondere der Phasenunterschiede zwischen einzelnen Knoten, kann man Rückschlüsse über die Cluster-Struktur ziehen.

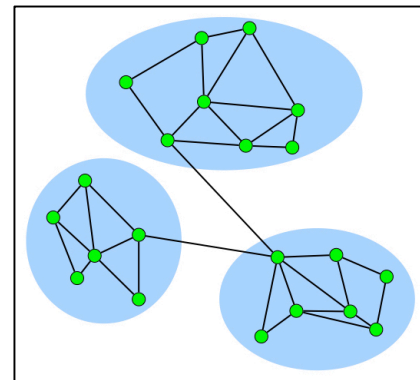


Abbildung 1: Netzwerk mit drei Clustern (Communities)

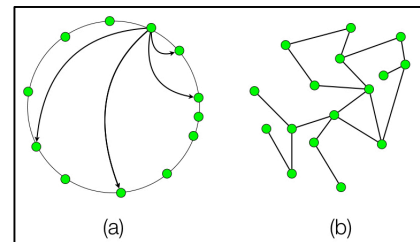


Abbildung 2: (a) Beispiel eines strukturierten Netzwerks: Chord-Ring (b) Unstrukturiertes, zufälliges Netzwerk

Während das in [3] beschriebene Verfahren zwar bereits gute Ergebnisse liefert, bietet es noch zahlreiche Verbesserungsmöglichkeiten, um die Genauigkeit der Cluster-Erkennung zu optimieren. Im Rahmen dieser Arbeit sollen entsprechende Verbesserungsmöglichkeiten erarbeitet und in Simulationen quantitativ untersucht werden. Dabei soll auch betrachtet werden, ob sich andere Synchronisationsverfahren besser zur Clustererkennung eignen. Hier könnten z.B. das Ising-Modell, das Potts-Modell oder das n-Vektor-Modell betrachtet werden.

Weitere Details auf Anfrage und/oder gerne im persönlichen Gespräch.

- [1] V.D. Blondel; J.-L. Guillaume; R. Lambiotte; E. Lefebvre (2008). "Fast unfolding of community hierarchies in large networks". J. Stat. Mech. 2008 (10): P10008. [doi:10.1088/1742-5468/2008/10/P10008](https://doi.org/10.1088/1742-5468/2008/10/P10008)
- [2] M. E. J. Newman (2004). "Fast algorithm for detecting community structure in networks". Phys. Rev. E. **69** (6): 066133. [doi:10.1103/PhysRevE.69.066133](https://doi.org/10.1103/PhysRevE.69.066133).
- [3] Vikramjit Singh, Markus Esch, Ingo Scholtes. Decentralized Cluster Detection in Distributed Systems based on Self-Organized Synchronization. In Proceedings of 10th IEEE International Conference on Self-Adaptive and Self-Organizing Systems (IEEE SASO 2016), Augsburg, Germany, September 2016. <https://doi.org/10.1109/SASO.2016.23>
- [4] Renfrey B. Potts: *Some Generalized Order–Disorder Transformations*. In: *Mathematical Proceedings of the Cambridge Philosophical Society*. 48, Nr. 1, 1952, S. 106–109. [doi:10.1017/S0305004100027419](https://doi.org/10.1017/S0305004100027419).
- [5] Stanley, H. E. (1968). "Dependence of Critical Properties upon Dimensionality of Spins". Phys. Rev. Lett. **20**: 589–592. [doi:10.1103/PhysRevLett.20.589](https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.20.589).
- [6] E. Ising, *Beitrag zur Theorie des Ferromagnetismus*, Zeitschrift für Physik, Band 31, 1925, S. 253–258.