

Verteilte Systeme

Byzantine Generals Problem

1. Aufgabe:

Das Byzantine Generals Problem wird in diesem Szenario wie folgt veranschaulicht:

Die Schiffe müssen über interstellare Signale kommunizieren, die durch kosmische Strahlungen verzerrt oder unverständlich werden können. Dies ähnelt der Unsicherheit der Generäle, Nachrichten über einen unsicheren Kanal zu senden. Eines der Schiffe könnte aufgrund von Strahlenschäden falsche Signale senden, ähnlich wie ein byzantinischer General, der entweder ein Verräter ist oder falsche Informationen übermittelt. Die Schiffe müssen sich auf eine gemeinsame Zeit einigen, um ihre Wohnmodule zu deployen. Wenn sie dies nicht gleichzeitig tun, riskieren sie den Absturz der Module, was das gleiche Problem darstellt wie die Generäle, die sich auf einen gemeinsamen Angriffszeitpunkt einigen müssen.

2. Aufgabe:

Man könnte das so lösen, dass Jedes Schiff seine Entscheidung an alle anderen Schiffe sendet und wartet auf die Antworten. Dieser Prozess wird wiederholt, bis alle Schiffe genügend Bestätigungen von den anderen erhalten haben. Wenn die Mehrheit der Schiffe übereinstimmt, wird die Entscheidung als gültig angesehen. Dies hilft, die Auswirkungen eines fehlerhaften Schiffs zu minimieren. Die Schiffe könnten Mechanismen zur Richtigkeit der Signale implementieren, um die Wahrscheinlichkeit zu verringern, dass fehlerhafte Signale akzeptiert werden.

3. Aufgabe:

Um Konsens sicherzustellen, wenn höchstens ein Schiff fehlerhaft sein könnte, gilt die Regel für byzantinische Fehler: mindestens $3f + 1$ Schiffe sind erforderlich, wobei f die maximale Anzahl der fehlerhaften Schiffe ist.

Sei also $f = 1$

$$n \geq 3f + 1$$

$$n \geq 3 \cdot 1 + 1$$

$$n \geq 4$$

Das bedeutet, dass mindestens 4 Schiffe erforderlich sind, um Konsens zu erreichen, wenn höchstens ein Schiff fehlerhaft sein

Der Ablauf würde wie folgt aussehen: Jedes der 4 Schiffe sendet seine Entscheidung an die anderen 3 Schiffe. Jedes Schiff erhält 3 Nachrichten und vergleicht die Antworten. Eine Mehrheitsentscheidung wird getroffen, da mindestens 3 der 4 Schiffe korrekt arbeiten müssen. Im Falle eines fehlerhaften Schiffs (z.B. das Schiff sendet falsche Informationen) können die verbleibenden 3 korrekten Schiffe eine korrekte Mehrheitsentscheidung treffen, da $3/4$ der Schiffe korrekt sind und das ist mehr als $2/3$. Somit ist das Minimum an erforderlichen Schiffen 4, um sicherzustellen, dass ein Konsens erreicht werden kann, selbst wenn eines der Schiffe fehlerhaft ist.

4. Aufgabe:

In modernen verteilten Rechnern hat das Byzantine Generals Problem viele Implikationen. Beispielsweise in Blockchain-Netzwerken ist es entscheidend, dass trotz potenziell “ böartigen“ Knoten kann zwischen den Knoten ein Konsens erreicht werden. Protokolle wie Practical Byzantine Fault Tolerance (PBFT) und Konsensalgorithmen in Blockchain-Systemen (z.B. Proof of Work und Proof of Stake) wurden entwickelt, um sicherzustellen, dass Netzwerke auch bei Vorliegen byzantinischer Fehler funktionsfähig bleiben.