

Abstract der fertigen Arbeit

Aktive Internetmessungen erfassen Informationen über mit dem Internet verbundene Geräte, indem gezielt Pakete an diese gesendet werden. Dabei erreichen nicht alle Pakete ihr vorgesehenes Ziel und der Sender wird im Idealfall über entsprechende Zustellfehler benachrichtigt. In der Praxis konzentrieren sich viele Internetmessungen jedoch auf erfolgreich zugestellte Pakete, obwohl diese Benachrichtigungen wertvolle Hinweise auf die Ursache von Fehlern liefern, etwa nicht existierende Adressen oder nicht erreichbare Empfänger. Angesichts des fortlaufenden Wachstums des Internets, insbesondere des Übergangs zu IPv6 und der zunehmenden Einführung neuer Protokolle, ist eine kontinuierliche Weiterentwicklung bestehender Messmethoden erforderlich. Diese Dissertation zeigt, wie Zustellfehler gezielt für Internetmessungen genutzt werden können, um deren Reichweite und Aussagekraft zu erweitern.

Die Dissertation stellt drei neuartige Messmethoden vor, `email-security-scans.org`, `BValue Steps` und `CountryMonitor`, die Zustellfehler systematisch auswerten, um etablierte Ansätze in den Bereichen E-Mail-Zustellung, IPv6-Adaption und Erkennung von Internetausfällen zu ergänzen. Der Fokus liegt auf der quantitativen Erfassung der Verbreitung sowie der Sicherheitsaspekte von Internetstandards. Es wird dabei zwischen beabsichtigten und unbeabsichtigten Zustellfehlern unterschieden. Beabsichtigte Fehler werden gezielt durch die Messmethodik erzeugt, etwa durch das Senden von Paketen an nicht existierende Empfänger. Unbeabsichtigte Zustellfehler entstehen hingegen durch Netzwerkausfälle oder Nichterreichbarkeit von Systemen. Während `email-security-scans.org` und `BValue Steps` auf beabsichtigten Zustellfehlern basieren, misst `CountryMonitor` unbeabsichtigte Zustellfehler.

`email-security-scans.org` nutzt die gezielte Fehlkonfiguration von Sicherheitsprotokollen und eingeschränkte Erreichbarkeit auf der Empfängerseite, um zu analysieren, ob E-Mails zugestellt werden oder ob die Fehler korrekt erkannt werden und die Zustellung unterbunden wird. Dadurch wird eine senderseitige Analyse globaler E-Mail-Sicherheitspraktiken ermöglicht, die auch Mechanismen sichtbar macht, die mit konventionellen Messansätzen nur eingeschränkt beobachtbar sind.

`BValue Steps` klassifiziert den IPv6-Adressraum für aktive Messungen als aktiv und inaktiv. Dabei wird von einer bekannten IPv6-Adresse die Größe des aktiven Netzwerkes abgeleitet und erkannt, ob inaktive Bereiche in dem Netzwerk vorhanden sind. Die Klassifizierung erfolgt anhand der ICMPv6-Fehlernachrichten, welche absichtlich durch das Senden von Paketen an nicht existierende IPv6-Adressen in dem Netzwerk ausgelöst werden.

`CountryMonitor` schickt in regelmäßigen Intervallen ICMP Echo Request-Pakete an alle IPv4-Adressen des ukrainischen Adressraums. Der Vergleich der Anzahl an unbeabsichtigten Zustellfehlern durch das Ausbleiben von Antworten mit dem Durchschnitt der Vorwoche gibt Rückschlüsse auf Internetausfälle in der Ukraine. Die Methode ermöglicht Einblicke in zahlreiche kleinere Internetanbieter in der Ukraine, die von bisherigen Analysemethoden nicht erfasst wurden.