

Auswirkung zusätzlicher, zufälliger Fluktuationen des spektralen Profils der Stimuli im CMR Experiment

Stephan M. A. Ernst¹, Brian C. J. Moore

Department of Experimental Psychology, University of Cambridge, UK

¹Email: sme30@cam.ac.uk

Einleitung

Die Detektierbarkeit eines Signals, das spektral in ein Schmalbandrauschen (on-frequency masker, OFM) eingebettet ist, verbessert sich erheblich, wenn zusätzliche Schmalbandrauschen mit der gleichen spektralen Einhüllenden (flanking band, FB), jedoch spektral separiert von der Signalfrequenz angeboten werden (comodulation masking release (CMR); [1]).

An Theorien über die zugrunde liegenden Mechanismen herrscht kein Mangel (zum Überblick [2]). Einer dieser Vorschläge nimmt an, dass CMR und die Profile Analysis (PA) auf die gleichen Mechanismus zurückgreifen. Die PA basiert auf der Detektion eines Pegelanstiegs einer Komponente relativ zu den übrigen Komponenten eines komplexen Signals ([3]). Die Detektion hängt also von der Wahrnehmung der Änderungen der spektralen Form ab.

Buss [4] demonstrierte, dass die Signalschwelle bei Anwesenheit eines comodulierten Verdeckers eine U-förmige Abhängigkeit von der Signalfrequenz aufweist. Sie zeigte ferner, dass diese Abhängigkeit auch in PA-Experimenten zu beobachten ist. Diese Feststellung führte zu der Annahme, dass sowohl CMR als auch PA die gleichen Hinweise aus der Änderung der spektralen Form nutzen.

Ziele dieser Studie sind es, die Annahme aus [4], dass der Ausbildung von CMR und der PA die gleichen Mechanismen zu Grunde liegen, zu überprüfen. Außerdem soll der Einfluss der Randomisierung von Signalfrequenz, Gesamtpegel und FB-Pegel auf die Signaldetektion im CMR-Experiment erfasst werden. Hierbei ist zu beachten, dass insbesondere die Randomisierung des FB-Pegels eine PA stark stören sollte.

Stimuli und Methode

Der Verdeckter bestand entweder aus einem (kein FB & 1 OFM) oder aus 11 (10 FB & 1 OFM) 15-Hz breiten Schmalbandrauschen. In den Konditionen mit mehrkomponentigen Verdeckter waren diese entweder komoduliert (CM) oder unkorreliert (UC). Die Mittenfrequenzen der Komponenten waren mit einem Abstandsfaktor von 1.38 zwischen benachbarten Schmalbandrauschen im Bereich von 200 bis 5000 Hz logarithmisch verteilt.

Der mittlere Pegel jeder Komponente betrug 53 dB. Die zufällige FB-Pegelvariation wurde in drei Graden (0, ± 3 oder ± 6 dB) getestet. Der Absolutpegel wurde zusätzlich zufällig im Bereich von ± 10 dB variiert. Es ist zu beachten, dass hierbei im Falle des Rauschsignals

zur verlässlichen Detektion nur die Änderungen im spektralen Profil genutzt werden können. Abb. 1 zeigt die schematische Darstellung des Spektrums eines Beispielverdeckers zur Verdeutlichung aller zufälligen Parametervariationen.

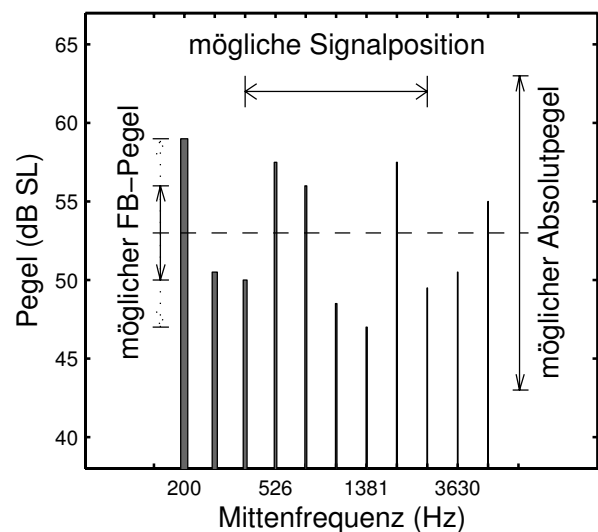


Abbildung 1: Schematische Darstellung des Spektrums eines Beispielverdeckers.

Das im Verdeckter zu detektierende Signal war entweder ein Sinuston oder ein mit dem OFM korreliertes Schmalbandrauschen, welches spektral zentriert und zeitgleich mit einem zufällig gewählten der mittleren sieben Verdeckerkomponenten dargeboten wurde.

Alle Stimuli hatten eine Länge von 500 ms, inklusive 20-ms \cos^2 Ein- und Ausschaltflanken. Die Stimuli wurden über Kopfhörer (Sennheiser HD 580) monoral auf dem besseren Ohr dargeboten. Sechs normalhörende Versuchspersonen nahmen am Experiment teil (außer wenn anders gekennzeichnet: gestrichelter Graf in Abb. 2). Die Versuche wurden in einer doppelwandigen Hörkabine mit einem adaptiven 2-Schritt (1-up 2-down) Verfahren mit drei Antwortalternativen durchgeführt. Vier Wiederholungen aller Konditionen wurden gemessen. Das Endergebnis für eine Schwelle berechnete sich als Mittel der letzten drei Wiederholungen.

Ergebnisse und Diskussion

Die gemittelten Schwellen (oben) sowie die errechneten Werte des CMR (unten) wurden als Funktion des Grads der FB-Pegelvariationen in Abb. 2 dargestellt.

Die Schwellen werden hierbei als Quotient aus der Intensitätsänderung an den Schwellen und der Intensität des OFM in dB angegeben. Kreise und Dreiecke repräsentieren hierbei die Schwellen und den CMR berechnet aus den Ergebnissen der unkorrelierten bzw. der NO FB Konditionen, die Quadrate kennzeichnen die Schwellen in den komodulierten Konditionen. Die Fehlerbalken repräsentieren \pm eine Standardabweichung.

Im Allgemeinen lassen sich, im Vergleich mit der CM Kondition (im Mittel -5.1 dB), in der UC Kondition konstant höhere Schwellen (im Mittel 5.6 dB) beobachten, die mittlere Schwelle der NO FB Kondition lag dazwischen (ca. -1.6 dB). Desweiteren sind die Detektionsschwellen für ein Rauschsignal (rechts) immer größer als die korrespondierenden Schwellen für ein Tonsignal (links). Dies steht im direkten Kontrast zu den Ergebnissen aus [4]. Buss maß in ihren monoralen Experimenten in der Regel die niedrigeren Schwellen mit einem Rauschsignal. Dieser Unterschied zur Literatur lässt sich möglicherweise durch die Einführung einer Absolutpegelvariation erklären, wie dies bereits in [5] gezeigt worden ist. Für ein Sinussignal wurden in der aktuellen Studie allerdings Schwellen vergleichbar zu denen in [4] gemessen, was darauf hin weist dass die hier zusätzlich eingeführte Absolutpegelvariation nur einen vernachlässigbaren Einfluss hat.

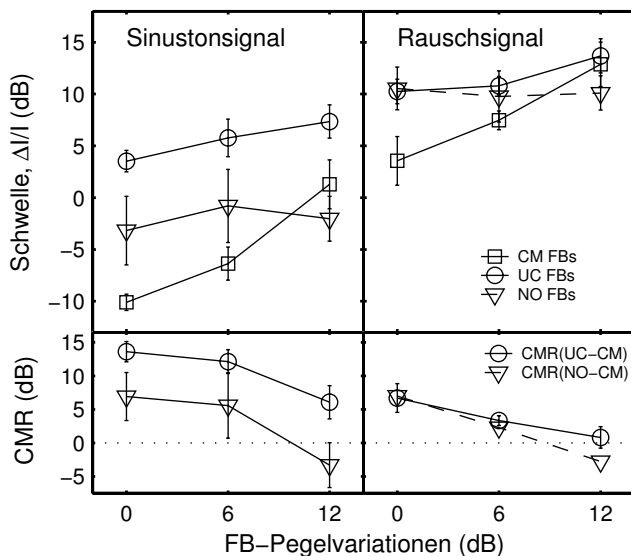


Abbildung 2: Schwellen (oben) sowie errechnete Werte des CMR (unten) als Funktion des Grads der FB-Pegelvariationen. Details siehe Abschnitt 'Ergebnisse und Diskussion'.

Wie erwartet zeigen die Schwellen der NO FB Kondition keine Abhängigkeit von der Größe des FB-Pegelvariationsbereichs. Die Wahrnehmungsschwellen in den CM Konditionen hingegen sind von der FB-Pegelrandomisierung am stärksten beeinflusst, es zeigt sich ein signifikanter Pegelanstieg bei jeder Variationsbereichänderung. Dieser störende Einfluss ist in den UC Konditionen wesentlich geringer ausgeprägt. Desweiteren weisen die Schwellen der NO FB Kondition im Vergleich zu den CM oder UC Konditionen eine wesentlich

höhere Standardabweichung auf, was sich möglicherweise auf einen verwirrenden Einfluss der Absolutpegel- und Signalfrequenzvariation erklären ließe. Solch ein störender Einfluss wurde bereits von [5] für die Absolutpegel- bzw. von [6] für die Frequenzvariation gezeigt

Der CMR(UC-CM) wird für beide Signalarten mit größer werdendem Variationsbereich der FB-Pegel kleiner. Hierbei verringert sich der CMR(UC-CM) für ein Rauschsignal von ca. 6 auf 0 dB. Für ein Sinustonsignal wurde hingegen bei konstanten FB-Pegel ein wesentlich größerer CMR(UC-CM) von ca. 13.5 dB gemessen, der mit den Werten aus [4] bei mittleren Signalfrequenzen vergleichbar ist. Dieser CMR(UC-CM) bleibt auch bei einem Variationsbereich der FB-Pegel von 12 dB zum Teil erhalten.

Zusammenfassung

Die Variation des FB-Pegels hat sowohl in den CM- als auch in den UC-Konditionen einen störenden Einfluss auf die Detektion beider Signalarten.

Dieser störende Einfluss ist bei der Detektion eines Rauschsignals größer, bis hin zur kompletten Aufhebung des CMR. Das beobachtete Ergebnis unterstützt daher die Annahme, dass bei der Detektion eines Rauschens die PA eine entscheidende Rolle spielt.

Bei der Sinussignaldetektion bleibt allerdings ein CMR(UC-CM) von ca. 6 dB erhalten. Neben der PA werden in diesen Situationen also auch andere Strategien und/oder Mechanismen genutzt.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass der beobachtete CMR von Sinussignalen nicht allein auf der Ausnutzung von Änderungen im spektralen Profil basiert.

Acknowledgement

Diese Arbeit wurde vom Medical Research Council UK unterstützt.

Literatur

- [1] Hall, J.W., Haggard, M.P., Fernandes, M.A.: Detection in noise by spectro-temporal pattern analysis. *J. Acoust. Soc. Am.* 76 (1984), 50-56
- [2] Verhey, J. L., Presnitzer, D., Winter, I. M.: The psychophysics and physiology of comodulation masking release. *Exp. Brain Res.* 153 (2003), 405-417
- [3] Green, D.M.: Profile analysis: Auditory intensity discrimination. Oxford University Press, New York, 1988
- [4] Buss, E.: Spectral profile cues in comodulation masking release. *J. Acoust. Soc. Am.* 127 (2010), 3614-3628
- [5] Eddins, D. A.: Monaural masking release in random-phase and low-noise noise. *J. Acoust. Soc. Am.* 109 (2001), 1538-1549.
- [6] Grose, J. H. and Hall, J. W.: The effect of signal-frequency uncertainty on comodulation masking release. *J. Acoust. Soc. Am.* 87 (1990), 1272-1277